NATIONALGEOGRAPHIC.COM.ES | ENERO 2025

NATIONAL GEOGRAPHIC

IA

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los superpoderes de las máquinas no conocen límites, pero esta revolución tiene rostro humano



LA CIENCIA POLAR SE ESCRIBE EN FEMENINO

EXPEDICIÓN AL AMAZONAS: EL MÍTICO DELFÍN ROSADO Y LA LLEGADA DEL GRAN RÍO AL MAR

LOS MIL DISFRACES DE LAS ORUGAS

6,00€ PVP CANARIAS 6,15€

Querida Energía:

HEMOS PASADO DE TRAERTE DESDE MUY LEJOS A SER AUTOSUFICIENTES

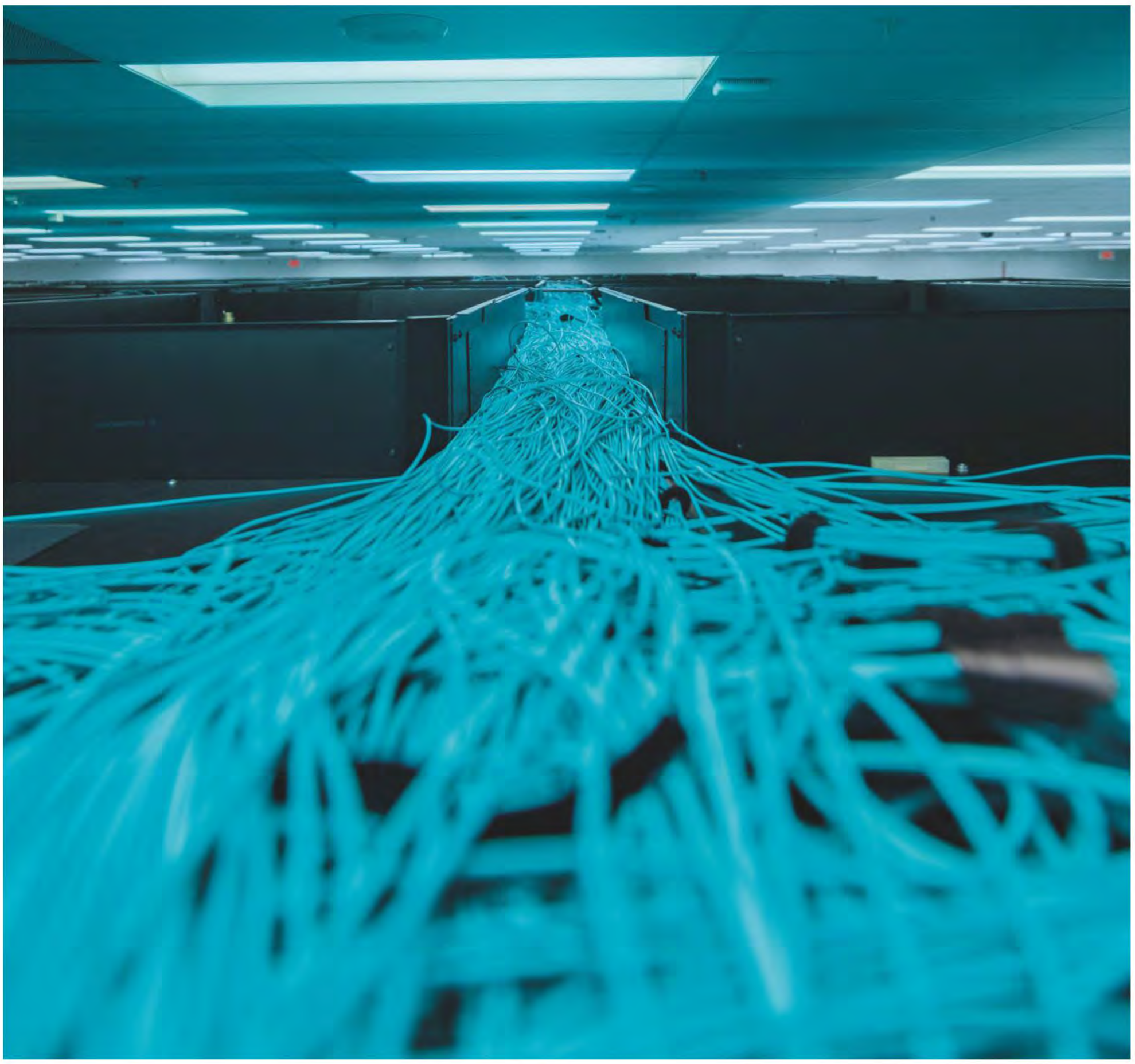
En IDAE cumplimos 40 años transformando actitudes. Y hoy, entre todos, le estamos dando al país una nueva energía para crecer y avanzar como sociedad.

GOBIERNO DE ESPAÑA
VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

IDAE
Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

VOLUMEN 56 NÚMERO 1

SUMARIO



2
IA, LA NUEVA ERA DEL DESCUBRIMIENTO
La revolución de la inteligencia artificial (IA) no está a punto de cambiar nuestro mundo: ya lo ha transformado. Y ofrece avances espectaculares en campos científicos como la neurocirugía, la astronomía, la sismología, la arqueología, la robótica o el conocimiento de la comunicación animal. La IA no solo está redefiniendo los límites de lo posible, sino que lo está haciendo de una manera mucho más humanizadora de lo que cabría esperar.

Textos de **CHRIS GAYOMALI, REBECCA BOYLE, DAVID MONTGOMERY, ANNA PEELE** *y* **ROBIN GEORGE ANDREWS**

EN PORTADA
Ameca, el robot humanoide más avanzado del mundo, está equipado con inteligencia artificial y su expresividad facial es –admirable e inquietantemente a la vez– propia de un ser humano.
Foto: Engineered Arts

FOTO: SPENCER LOWELL

VOLUMEN 56 NÚMERO 1

REPORTAJES



50

DELFINES: SÍMBOLOS DEL AMAZONAS

El delfín del Amazonas tiene un papel decisivo en el gran río. Pero la pesca, la sequía y la construcción de presas lo enfrenta a un futuro incierto.

Texto de JORDAN SALAMA
Fotografías de THOMAS PESCHAK



64

LA LLEGADA DEL RÍO AMAZONAS AL MAR

El Amazonas no termina en la costa. Su aportación de agua dulce rica en sedimentos alimenta la fauniflora hasta el mismo mar Caribe.

Texto de ANGELO BERNARDINO
Fotografías de THOMAS PESCHAK



82

LA CIENCIA POLAR SE ESCRIBE EN FEMENINO

Un contingente de mujeres científicas se aventura en una remota estación de las islas Svalbard, en el Ártico, para estudiar el cambio climático.

Texto de LOIS PARSHLEY
Fotografías de ESTHER HORVATH



94

LOS MIL DISFRACES DE LAS ORUGAS

Antes de convertirse en mariposas, algunas orugas fingen que son hojas, otras, una serpiente. El objetivo: despistar a los depredadores.

Texto de JASON BITTEL
Fotografías de SAM JAFFE

SECCIONES

CARTA DE LA PRESIDENTA

TU FOTO

VISIONES

EXPLORA

La vida en rosa de los flamencos

Mimetizarse para salvar la vida

INSTINTO BÁSICO

Te huelo, amor, con mis antenas de plumas

EDITORIAL

EN TELEVISIÓN

PRÓXIMO NÚMERO

Envíanos tus cartas o comentarios a forum-ngme@rba.es

Síguenos en X en @NatGeoEsp

Hazte fan de nuestra página de Facebook: facebook.com/NationalGeographicEsp

Síguenos en Instagram en @NatGeoEsp

Síguenos en Threads en @NatGeoEsp

Más información en nuestra página web: nationalgeographic.com.es

ATENCIÓN AL CLIENTE

Teléfono 910 920 129 (de lunes a viernes, de 10 a 15 horas)
Email: suscripciones@rba.es

FOTOS, DE ARRIBA ABAJO: THOMAS PESCHAK (PRIMERA Y SEGUNDA); ESTHER HORVATH; SAM JAFFE

BULOVA

BOLD AT HEART

Lunar Pilot collection. Discover at Bulova.es



CARTA *de la* PRESIDENTA *de* NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY

JILL TIEFENTHALER



EL DESCUBRIMIENTO del pecio del *Endurance*, el buque comandado por el célebre explorador Ernest Shackleton –del que hablaremos en un reportaje el próximo mes–, marca un hito extraordinario en la historia de la exploración polar y da fe de la insaciable curiosidad y el ingenio humanos que nos impulsan hacia delante. Hay quien considera que estos hallazgos son vestigios de una época del pasado, pero yo veo en ellos la prueba de que vivimos en la era de la exploración por excelencia.

¿Qué fuerzas impulsan esta nueva era del descubrimiento? La humanidad está acumulando conocimientos de unas formas y en unos ámbitos que hace un siglo nos parecían imposibles. En National Geographic Society financiamos una comunidad mundial de Exploradores que desarrolla tecnologías innovadoras para cartografiar los fondos oceánicos, rastrear los orígenes de la humanidad, identificar nuevas especies y quizás incluso comunicarse con ellas. El Explorador David Gruber y su equipo del Proyecto CETI, por ejemplo, se apoyan en la IA para descifrar la comunicación de los cachalotes, un salto revolucionario que podría redefinir nuestra conexión con el mundo natural.

Los rostros de la exploración también están cambiando. Los progresos más impactantes del momento son fruto de la combinación de competencias y perspectivas diversas. Los expertos reunidos con motivo de la expedición del *Endurance* representan una larga lista de países y disciplinas, toda una hazaña de colaboración que habría sido inimaginable en tiempos de Shackleton. Y ya no hace falta recorrer físicamente el mundo para explorar. Las plataformas digitales invitan a miles de millones de personas a unirse virtualmente a las expediciones y ser parte de la historia.

Estos avances no podrían llegar en un momento más crítico, ahora que nos enfrentamos a enormes retos a escala mundial, como son el cambio climático y la pérdida de biodiversidad. Los Exploradores de hoy no se limitan a estudiar nuestro mundo: trabajan contra reloj para protegerlo.

El Explorer at Large Bob Ballard, famoso descubridor del *Titanic*, lo expresó como nadie: «La próxima generación va a explorar el planeta más que todas las generaciones anteriores juntas. La era de la exploración no es cosa del pasado, sino del futuro». Todos y cada uno de nosotros podemos convertirnos en buscadores de conocimientos, descubridores de fronteras y agentes del cambio en beneficio de nuestro planeta. ¿Se atreverá usted a explorar?



FOTO: MARK THIESSEN, NGM

Naturgy

EQUIPO AHORRO

Te ayuda a ahorrar sea cual sea tu energética.

¡Síguelo y empieza a ahorrar!

TEATRO REAL
CERCA DE TI



DANIEL VIÑÉ
@danielvgphoto

El paso del tiempo y la erosión del agua y el viento moldean el paisaje de los Bisti Badlands, un área protegida de tierras baldías situada en el árido desierto del noroeste del estado de Nuevo México, cerca de la Nación Navajo, célebre por sus sorprendentes formaciones rocosas de arenisca y lutita. «Este accidentado paisaje te hace sentir que estás en otro planeta», dice Daniel Viñé, autor de esta espectacular fotografía, quien explica que, tras una larga caminata, logró captar la magia del lugar en todo su esplendor con ayuda de un gran angular externo.

DÓNDE Bisti Badlands, Nuevo México, Estados Unidos
CON QUÉ Sony A7riii; 12 mm; f/16; ISO 100

PARTICIPA EN NUESTRA COMUNIDAD #TuFotoNatGeo

En *National Geographic España* queremos que seáis partícipes del protagonismo que la fotografía tiene en nuestra revista. Para participar en esta iniciativa, simplemente tenéis que incluir la etiqueta **#TuFotoNatGeo** en las fotografías que subáis a Instagram que tengan que ver con los grandes temas



RAFAEL BERNAL MÉNDEZ
@rafabernalmendez

El corzo *(Capreolus capreolus)* es un animal esquivo y asustadizo, especialmente en las zonas donde existe una alta presión cinegética. Rafael Bernal lleva más de un decenio dedicado al estudio y la fotografía de los cérvidos, un interés que surgió cuando empezó a acompañar a su padre a cazar, con quien aprendió infinidad de aspectos clave para trabajar con esta especie. Y esta imagen es el resultado de un intenso trabajo observando decenas de corzos: «Llevo cuatro años fotografiando a este ejemplar, cuya confianza me he ganado», dice.

DÓNDE Guadalajara
CON QUÉ Nikon D850; 200-500 mm; f/5.6; ISO 2000

---

que cubrimos habitualmente. No está permitida la manipulación fotográfica, únicamente el ajuste de niveles. Cada semana publicaremos una selección de las mejores imágenes en las *stories* de Instagram y cada mes seleccionaremos una para publicarla en la revista impresa, en la sección «Tu Foto».

#TuFotoNatGeo



UN FELINO EN LA CUERDA FLOJA

Una leona estira sus patas después de un largo descanso. Pertenece a la población asiática de la subespecie *Panthera leo leo*. Con poco más de medio millar de ejemplares en estado salvaje, estos leones se cuentan entre los felinos más amenazados del mundo, aunque en la última década sus poblaciones se recuperan lentamente en los bosques protegidos de Gir, en el estado indio de Gujarat.

FOTO: MARTIN RUEGNER / GETTY IMAGES

UN PARAÍSO LITORAL

La aridez extrema domina el ecosistema de dunas del Parque Nacional Namib-Costa de los Esqueletos, una extensa franja litoral bañada por el Atlántico situada en el norte del desierto de Namib. Aunque hoy sus playas están salpicadas de naufragios, su nombre deriva de los esqueletos de ballenas que antiguamente se acumulaban en ellas. La región es parte de un vasto ecosistema protegido que engloba toda la costa de Namibia.

FOTO: BUENA VISTA IMAGES/GETTY IMAGES

UN PODEROSO SUPERALIMENTO

Fuente de vitaminas y rico en yodo, potasio y fósforo, al ajo se le atribuyen numerosas propiedades beneficiosas para la salud. Originario de Asia Central, se sabe que es antiinflamatorio, antiséptico, bactericida, antifúngico y antiviral, y ejerce beneficios sobre la salud cardiovascular. Científicos de la Universidad de Córdoba están ahora investigando los efectos que podría tener el ajo negro fermentado como tratamiento en el cáncer de próstata.

FOTO: YZHENSIANG / ISTOCK



LA VIDA *en* ROSA

Desaparecidos durante un siglo, los flamencos rojos salvajes han regresado a Florida.

Texto de KELSEY NOWAKOESKI
Fotografía de JOEL SARTORE

LA EMBLEMÁTICA AVE de Florida estuvo prácticamente desaparecida desde que a principios del siglo XX los cazadores acabaron con la población autóctona de flamencos para abastecer de materias primas a la extravagante moda de los sombreros de plumas. En la década de 1930 se reintrodujo una colonia en Miami, y los temporales caribeños han empujado algún que otro flamenco salvaje a ciertas zonas de Estados Unidos, pero la especie no regresó de verdad hasta que un centenar de ejemplares arrastrados a Florida por el huracán *Idalia* de 2023 decidieron instalarse allí definitivamente. Cinco de los recién llegados llevaban marcas que los identificaban como oriundos de Yucatán. Décadas de esfuerzos de conservación en esta península mexicana y otras zonas del Caribe han recuperado grandes colonias y aumentado la población salvaje de los 21.000 individuos que había a principios de la década de 1950 a los 260.000-330.000 que se calcula hay en la actualidad. Esta restauración costera, sobre todo en los Everglades, sumada a unas temperaturas más frescas que en los trópicos, podría estar atrayendo a estas aves al límite de su área de distribución histórica, apunta Jerry Lorenz, director de investigación de Audubon Florida. Mientras tanto, los biólogos buscan signos de que esta promesa sea seria y a largo plazo: nidos.

VÍNCULOS SOCIALES
Cada individuo de la colonia tiene su propia personalidad, y a menudo se forman camarillas de miembros afines. Las parejas reproductoras son monógamas y suelen poner un huevo al año.

A TODO COLOR
Los pigmentos rosados de alimentos como artemias y algas son absorbidos por la grasa corporal y depositados en las plumas.



NATIONAL GEOGRAPHIC
PHOTO ARK
JOEL SARTORE

National Geographic Society financia el proyecto Photo Ark del explorador Joel Sartore, cuyo objetivo es documentar todas las especies que viven en acuarios, zoos y santuarios de fauna salvaje del mundo.



MAPA: ANNIKA HOERNER, NGM
FUENTES: STEVEN WHITFIELD, AUDUBON SOCIETY; LABORATORIO DE ORNITOLOGÍA DE CORNELL

ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DEL FLAMENCO ROJO

NOMBRE CIENTÍFICO
Phoenicopterus ruber

TIPO
Ave zancuda

DIETA
Omnívora

PROMEDIO DE VIDA
20-30 años en libertad;
40-60 años en condiciones controladas

ALTURA Y PESO, PROMEDIO
1,5 metros, 1-4 kilos



LLENAR EL PICO
Los flamencos mueven la cabeza de un lado a otro bajo el agua, y con la lengua se llenan de agua el pico, donde atrapan a sus presas con unas estructuras similares a las púas de un peine.

A LA PATA COJA
Lo que parece una rodilla doblada hacia atrás en realidad es una articulación del tobillo; las rodillas quedan ocultas por las plumas. Para estabilizarse mientras descansan o duermen, los flamencos se sostienen sobre una sola pata, bien estirada.

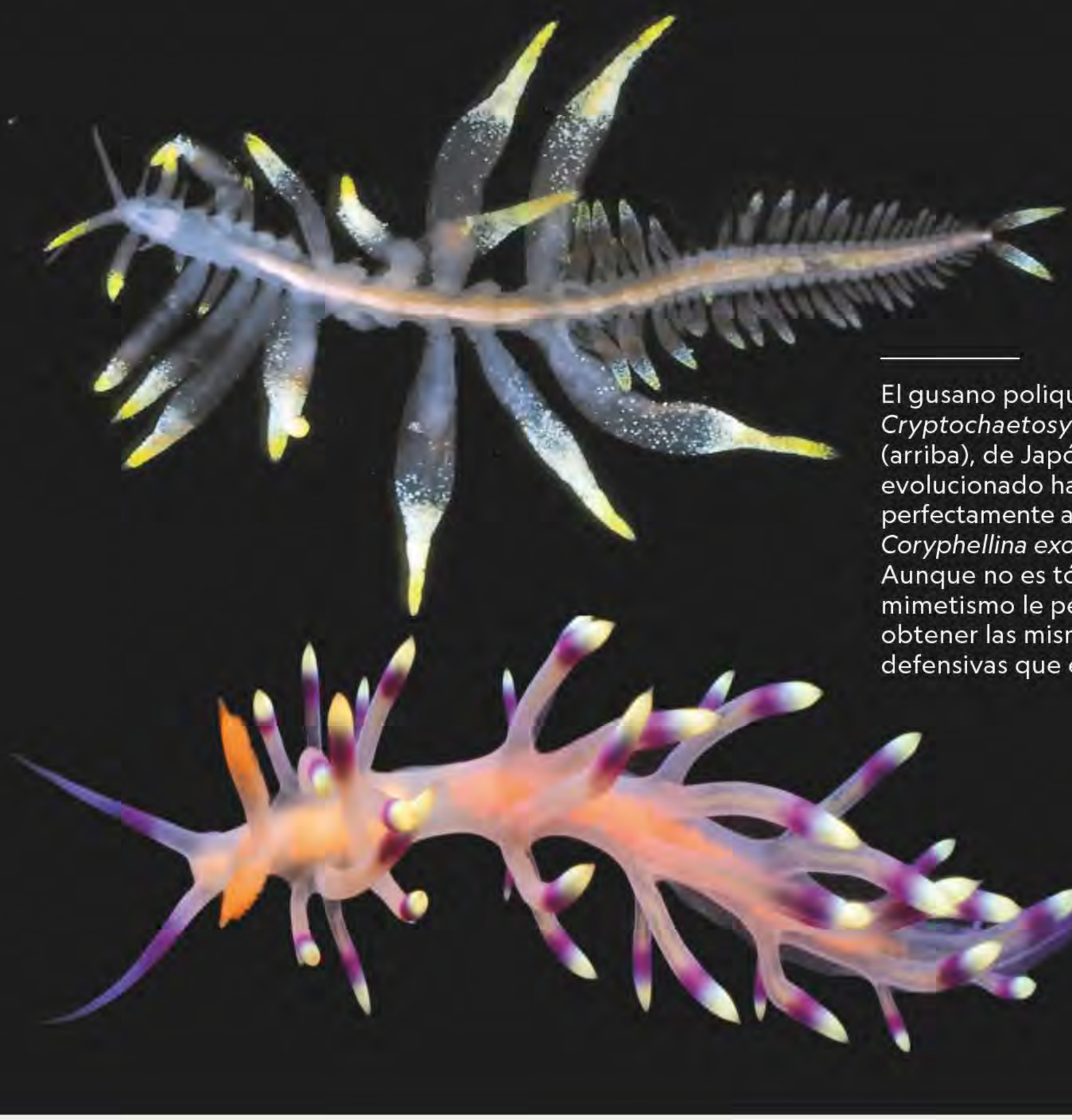
FOTOGRAFIADOS EN EL ZOO INFANTIL DE LINCOLN, NEBRASKA

ECOLOGÍA MARINA

MIMETIZARSE
PARA SALVAR LA VIDA

Texto de EVA VAN DEN BERG

EL PARECIDO entre estos dos animales es más que evidente. Pero en realidad no tienen nada que ver: el de arriba es un poliqueto, un gusano marino, y el de abajo, un nudibranquio, un molusco gasterópodo. El primero es una especie nueva para la ciencia que ha sido descubierta en el transcurso de una investigación llevada a cabo por científicos de las universidades de Nagoya, en Japón, y de Sains, en Malasia, de la Academia Rusa de Ciencias de Moscú y del Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB-CSIC). «Se trata de un nuevo género y una nueva especie de la familia de los síllidos y habita sobre corales en los fondos marinos de Vietnam y Japón», dice Daniel Martín, experto en taxonomía del CEAB y coautor del artículo científico que detalla este hallazgo. Pero lo más extraordinario es que la evolución ha llevado a este gusano poliqueto a imitar hasta límites insospechados tanto la coloración como los rasgos morfológicos de los nudibranquios, las babosas marinas con las que convive, una estrategia nunca observada entre los anélidos. «Los nudibranquios lucen llamativos colores para alertar de su toxicidad a los depredadores –explica Martín–. Mimetizándolos, el poliqueto evita ser comido, aunque no es peligroso en absoluto». ¡Estrategias de invertebrado!



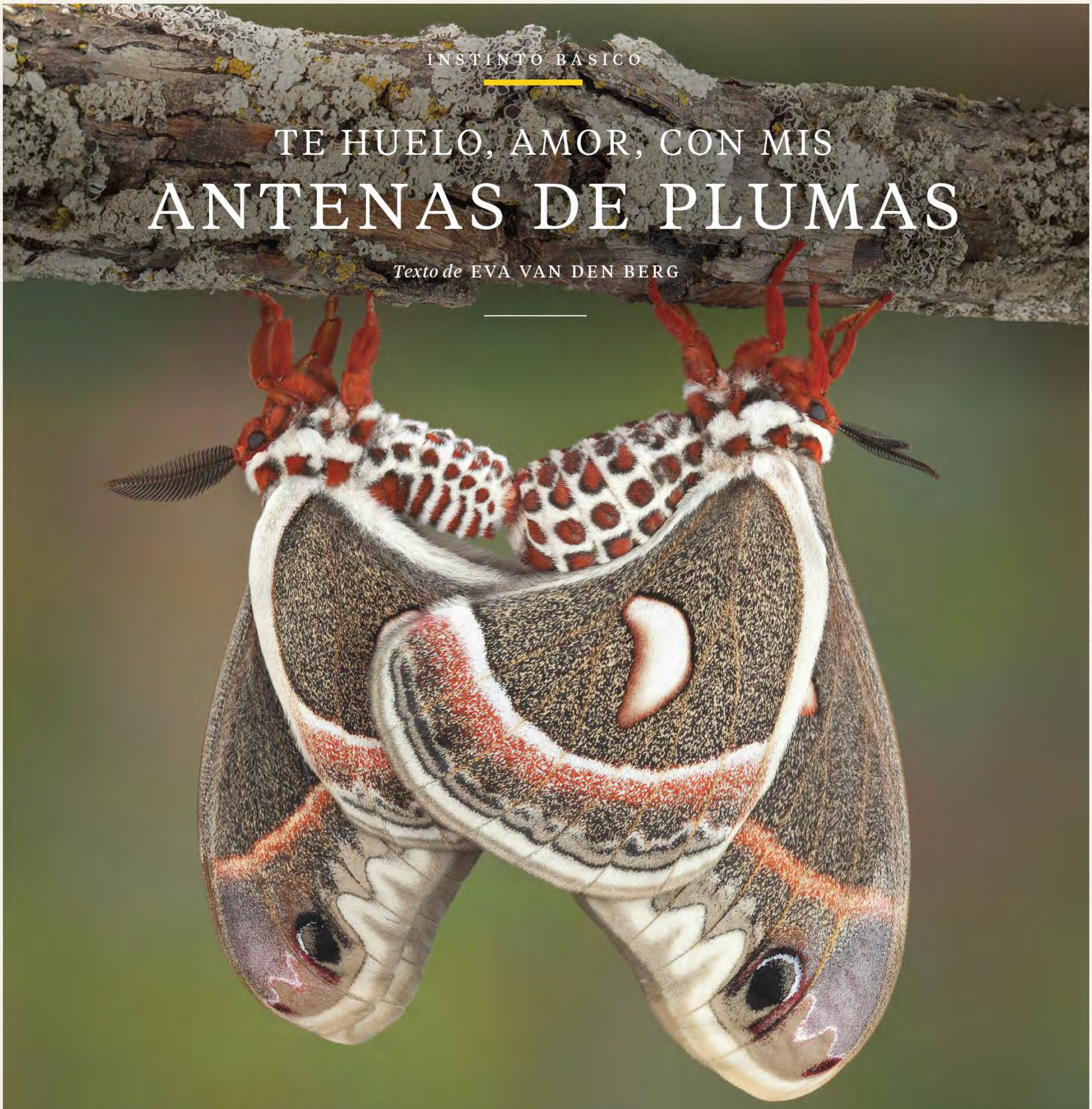
El gusano poliqueto *Cryptochaetosyllis imitatio* (arriba), de Japón, ha evolucionado hasta imitar perfectamente al nudibranquio *Coryphellina exoptata* (abajo). Aunque no es tóxico, este mimetismo le permite obtener las mismas ventajas defensivas que el molusco.

FOTOS: NAOTO JIMI (ARRIBA); TATIANA I. ANTOKHINA (ABAJO)

INSTINTO BÁSICO

TE HUELO, AMOR, CON MIS ANTENAS DE PLUMAS

Texto de EVA VAN DEN BERG



CON LAS ALAS ABIERTAS, la mariposa cecropia *(Hyalophora cecropia)* mide hasta 16 centímetros. De la familia de los satúrnidos, estos insectos gigantes pasan por cinco estadios larvarios de una semana de duración y, tras emerger del capullo en su forma ya adulta a principios del verano, viven apenas dos semanas con un solo propósito: reproducirse. No tienen boca ni sistema digestivo... ¿para qué perder el tiempo comiendo? Siendo orugas ya acumularon la energía suficiente.

Para asegurar el encuentro amoroso, la hembra emite una potente feromona secretada por una glándula abdominal, que es dispersada por el viento. «El macho, dotado de grandes antenas plumosas especialmente sensibles para captar ese perfume embriagador que es capaz de detectar a más de un kilómetro de distancia, vuela hasta 10 kilómetros en busca de la hembra», dice el biólogo Albert Masó, experto en mariposas. Cuando ambos se encuentren se aparearán durante horas. Ella pondrá el broche final a sus cortas vidas depositando un centenar de huevos, de los que saldrán pequeñas orugas negras.

HÁBITAT
Montañas Rocosas y casi todas las provincias de Canadá.

OTROS DATOS
Es la más grande de las polillas nativas de América del Norte. Las larvas suelen hallarse en arces, cerezos y abedules

Pareja de mariposas cecropia apareadas, colgando de la rama de un árbol. La cópula puede durar 12 horas.

FOTO: CATHY KEIFER/GETTY IMAGES



El fotógrafo Rafael Fernández Caballero ha mostrado a los lectores de *National Geographic* las maravillas desconocidas de nuestros mares, concienciándonos sobre su importancia y fragilidad. Esta imagen nos desvela nuevos rincones de las cuevas submarinas del archipiélago balear.

FOTO: RAFAEL FERNÁNDEZ CABALLERO



¿Cómo serán

LOS OCÉANOS *en* 2050?

Cuando propusimos a jóvenes de entre 14 y 25 años escribir un editorial sobre nuestro querido mar para el 5.º Concurso de Redacción Periodística, el resultado nos sorprendió a todos.

«¿CÓMO SERÁ EN 2050 UNA PORTADA de la revista dedicada a los océanos? ¿Habrá todavía maravillas que celebrar o estaremos publicando un réquiem por los tesoros perdidos?», preguntó Gonçalo Pereira, director de las ediciones española y portuguesa de *National Geographic*, al auditorio que se había reunido para celebrar los resultados del 5.º Concurso de Redacción Periodística para Jóvenes convocado por la edición española de *National Geographic* y RBA Libros, que ha contado con el apoyo de Volvo y la Fundación Ecomar.

Con el entusiasmo propio de la juventud, centenares de estudiantes en distintos niveles de enseñanza aceptaron el reto y escribieron sobre el mar y sus problemas. Son los textos de una generación preocupada, pero movilizada para un cambio, una generación conmovida por el llamamiento de Olivia Mandle al activismo medioambiental, a la participación ciudadana y al consumo informado. «Una sola persona puede marcar la diferencia», afirmó esta joven activista durante el acto.

Al inicio de la sesión, la ex regatista olímpica Theresa Zabel ofreció una charla sobre su percepción de la degradación de la fauna marina. «Durante los últimos 30 años he salido al mar casi a diario y he visto con mis propios ojos las consecuencias de nuestros actos», dijo Theresa, fundadora y presidenta de la Fundación Ecomar, que trata de concienciar sobre la magnitud del problema medioambiental con acciones directas de limpieza y sensibilización.

José María Galofré, CEO de Volvo Car España, patrocinador de esta edición del concurso, habló de la preocupación de la industria automovilística frente a los retos de la sostenibilidad y las nuevas exigencias de los consumidores. «El mercado quiere empresas más responsables, y a nosotros nos toca responder», dijo, antes de mostrar a los asistentes el decálogo de mandamientos de Félix Rodríguez de la Fuente y explicar cómo el legado del naturalista le influyó a lo largo de su carrera. Ignasi Ferrer, CEO de Ocean Ecostructures, abordó el tema de la conservación de los océanos desde la perspectiva de esta empresa de economía azul creada para satisfacer las necesidades de información de la industria y del público sobre los resultados reales de las medidas de conservación en puertos y zonas costeras.

El broche de oro del acto fue la entrega de premios y diplomas a los ganadores. Uno a uno subieron al escenario Bruno Luna, Hassan El Maqui (en representación de su hija, Salma, que estaba en el extranjero), Diego Durán, Anastasia Salikova, Iria Conde, Lucía Rodríguez, Miriam Leva, María Pilar Martín y Florencia Larraburu. Lectores y suscriptores de la revista celebraron el compromiso de National Geographic con la preservación de los océanos, llamando la atención sobre cuestiones relacionadas con la conservación en sus lugares de residencia y sobre cómo pueden influir en la clasificación de zonas protegidas.

También se recordó el inspirador ejemplo del fotógrafo Rafael Fernández Caballero, suscriptor y colaborador de la edición española de *National Geographic* y autor de dos fotografías de portada en 2023 y 2024. «Rafael ganó el premio internacional al mejor fotógrafo subacuático del año en 2024 –recordó Gonçalo Pereira–. ¿Quién sabe si no tendremos hoy en este escenario a un futuro divulgador galardonado?».







Arriba, de izquierda a derecha: José María Galofré, Theresa Zabel y Olivia Mandle. *Abajo:* Bruno Luna, Hassan El Maqui, Diego Durán, Anastasia Salikova, Iria Conde, Gonçalo Pereira, Lucía Rodríguez, Miriam Leva, María Pilar Martín y Florencia Larraburu.







FOTOS: ALFREDO GARÓFANO (TODAS)

NATIONAL GEOGRAPHIC

CREEMOS QUE CUANDO
LAS PERSONAS ENTIENDAN MEJOR
EL MUNDO QUE HABITAMOS,
TOMARÁN MAYOR CONCIENCIA
SOBRE SU PROTECCIÓN.

NATIONAL GEOGRAPHIC MAGAZINE
ESPAÑA

GONÇALO PEREIRA ROSA
Director

ANA LLUCH *Subdirectora*

JOAN CARLES MAGRIÀ
Director de Arte

BÁRBARA ALIBÉS,
SERGI ALCALDE
Redacción

VÍCTOR ÁLVAREZ
Maquetación

MIREIA PLANELLES
Coordinación Editorial

JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ
Tratamiento de Imagen

MÒNICA ARTIGAS
Subdirectora Área NG y Ediciones Internacionales

OLIVER TAPIA *Director Digital*
www.nationalgeographic.com.es

ESTHER MOYANO
Revista Digital

SYLVIA ROIG
Coordinadora Experiencias NG

ASESORES

MARÍA TERESA ALBERDI *Paleontología*

JUAN LUIS ARSUAGA *Paleoantropología*

EUDALD CARBONELL *Arqueología*

CARMEN HUERA *Etnología*

ALBERT MASÓ
Entomología y Vertebrados

JOAN PINO *Botánica*

MANUEL REGUEIRO *Geología*

VÍCTOR REVILLA *Historia Antigua*

ELOÍSA RODRÍGUEZ VIDA *Medicina*

JOANDOMÈNEC ROS *Ecología*

ADOLFO DE SOSTOA *Ictiología*

TRADUCTORA

EVA ALMAZÁN

COLABORADORES DE ESTE NÚMERO

EVA VAN DEN BERG

RBA PUBLIVENTAS

ENRIQUE BLANC, *CEO*

ARIADNA HERNÁNDEZ FOX, *Directora General*

SERAFÍN GONZÁLEZ, *Director de Negocio Digital*

IVÁN LORENTE, *Subdirector de Estrategia Comercial Digital*

ALICIA CORTÉS, *Soluciones de Implementación de Publicidad Digital*

MADRID Y NORTE

ARANTXA SÁNCHEZ, *Directora de Oficina*

Mª LUZ MAÑAS, *Directora Comercial*

ADRIÁN GARCÍA DE MANUEL, *Subdirector de Publicidad*

BEGOÑA LLORENTE, *Subdirectora de Publicidad*

YOLANDA TRIGUEROS, *Coordinadora de Publicidad*

C/ López de Hoyos, 141 28002 Madrid
Tel. 915 10 66 00

BARCELONA Y LEVANTE

ANA GEA, *Directora Comercial*

MÓNICA MONGE, *Directora de Publicidad Barcelona*

PALOMA CAMPOS, *Directora de Publicidad Levante*

AINHOA ARGENTE DEL CASTILLO, *Coordinadora de Publicidad*

Av. Diagonal, 189 08018 Barcelona
Tel. 934 15 73 74

ATENCIÓN AL CLIENTE

suscripciones@rba.es
910 920 129

Distribución: LOGISTA PUBLICACIONES
Impresión-Encuadernación:
ROTOCOBRHI, S.A.
Depósito legal: B-333 67-1997

ISSN 1138-1434
ISSN edición digital 2604-6156
Printed in Spain - Impreso en España
Edición 04-2025

Copyright © 2025 National Geographic Partners, LLC. Todos los derechos reservados. National Geographic y Yellow Border: Registered Trademarks® Marcas Registradas. National Geographic declina toda responsabilidad sobre los materiales no solicitados.

Difusión controlada por

NATIONAL GEOGRAPHIC CONTENT

PRESIDENT Courteney Monroe
EVP & GENERAL MANAGER David Miller
EDITOR IN CHIEF Nathan Lump

HEAD OF VISUALS: Soo-Jeong Kang
HEAD OF CREATIVE: Paul Martinez
HEAD OF DIGITAL: Alissa Swango

INTERNATIONAL EDITIONS

EDITORIAL DIRECTOR: Amy Kolczak
INTERNATIONAL EDITIONS EDITOR: Leigh Mitnick
PRODUCTION EDITOR: Ariana Pettis
EDITORS
ALEMANIA: Werner Siefer
BULGARIA: Tatiana Grigorova
CHINA: Tianrang Mai
COREA: Junemo Kim
ESLOVENIA: Marija Javornik
ESPAÑA Y PORTUGAL: Gonçalo Pereira
FRANCIA: Fréderic Vallois
GEORGIA: Ketevan Chumburidze
HUNGRÍA: Tamás Vitray
INDONESIA: Didi Kaspi Kasim
ISRAEL: Mirit Friedman
ITALIA: Marco Cattaneo
JAPÓN: Shigeo Otsuka
KAZAJISTÁN: Yerkin Zhakipov
LATINOAMÉRICA: Alicia Guzmán
LENGUA ÁRABE: Hussain AlMoosawi
LITUANIA: Frederikas Jansonas
PAÍSES BAJOS/BÉLGICA: Robbert Vermue
POLONIA: Agnieszka Franus
REPÚBLICA CHECA: Tomáš Tureček
TAIWÁN: Yungshih Lee
THAILANDIA: Kowit Phadungruangkij

Copyright © 2024 National Geographic Partners, LLC. Todos los derechos reservados. National Geographic y Marco Amarillo: ® Marcas Registradas.

RBA REVISTAS

Licenciataria de
NATIONAL GEOGRAPHIC PARTNERS, LLC.

RICARDO RODRIGO *Presidente*

JOAN BORRELL *Director General Corporativo*

AUREA DIAZ *Directora General*

BERTA CASTELLET *Directora de Marketing*

JORDINA SALVANY *Directora creativa*

SUSANA GÓMEZ MARCULETA *Directora editorial*

JOSEP OYA *Director General de Operaciones*

RAMON FORTUNY *Director de Producción*

© RBA REVISTAS, S.L. 2024
Reservados todos los derechos. Queda prohibida la reproducción, almacenamiento en cualquier medio o soporte, distribución, comercialización y comunicación pública de la presente publicación, su transformación total o parcial, así como la de sus textos, dibujos, fotografías, portada, marca y cualquier contenido. La prohibición alcanza también a cualquier uso de los contenidos relativos a la denominada inteligencia artificial. Tampoco se pueden utilizar para recopilaciones, reseñas, revistas de prensa o citas, sin la autorización expresa y por escrito de la titularidad de la revista.

La infracción de cualquier derecho sobre la presente publicación, titularidad de RBA REVISTAS S.L., será perseguida siguiendo las leyes aplicables y se exigirá a los infractores la imposición de las sanciones civiles y/o penales establecidas en la normativa vigente, y las indemnizaciones que correspondan.



En recuerdo de ANA RODRIGO GHIOZZI

EL PASADO 11 DE NOVIEMBRE nos dejó Ana Rodrigo Ghiozzi (1966-2024), editora de RBA Revistas, la editorial que publica la revista *National Geographic* en España. Ana empezó su carrera editorial con solo 20 años y en la actualidad era responsable de más de 25 revistas en papel (en España, Italia y Portugal) y 17 webs de distintas áreas.

Fue una editora única, creativa y valiente que aportó siempre una visión innovadora del periodismo con el foco puesto en asegurar la calidad de los contenidos y ofrecer el máximo servicio al lector. Ana convirtió *El Mueble* en la cabecera líder en decoración, fue la creadora de *Mente Sana*, la primera revista de salud mental de este país, y dirigió el lanzamiento de *Historia NG*, la primera publicación de la marca National Geographic que se editaba en Estados Unidos con un contenido realizado en España. Ana Rodrigo fue también la editora de *Lecturas* durante los últimos 17 años e impulsó personalmente la transformación digital de nuestras marcas.

Desde el equipo de redacción de la revista y la web de *National Geographic*, queremos honrar su memoria y rendirle homenaje con este número.

Gracias por tanto, Ana.

SUSCRÍBETE AHORA A
NATIONAL GEOGRAPHIC



Recibe la revista en tu casa y además accede a toda la hemeroteca por solo 4€ al mes

Oferta especial limitada para nuestros lectores

SUSCRÍBETE EN **NG.COM.ES/OFERTA**
O LLAMA AL TELÉFONO **910 920 129**



¿Qué FORMAS queremos dar a la INTELIGENCIA ARTIFICIAL?

GONÇALO PEREIRA ROSA

IMAGINE LA ESCENA que nos describió David Robert, director de interacción entre humanos y robots de la empresa Boston Dynamics: sube las escaleras del Capitolio, en Washington D.C., el día en que los congresistas votan una ley. No está solo: lo acompaña Spot, un robot cuadrúpedo diseñado con un vago parecido a un perro y programado para moverse en entornos nocivos para los humanos, espacios con temperaturas extremas o con gases tóxicos. Uno de los días de gloria de Spot fue precisamente tras el accidente de la central nuclear japonesa de Fukushima.

En esta ocasión, sin embargo, Spot no se mueve en escenarios poco recomendables o tóxicos (y aquí me abstengo de hacer comentarios sobre los ambientes políticos). A la puerta de la sala, David y el robot esperan a que haya un receso en la votación. Cuando los congresistas salen, Robert pide permiso para acercarse y, con una delicadeza inesperada, Spot mueve una pata y retira del «lomo» un documento de una página con la petición de que se prohíba el uso de los robots como armas. Divertido, uno de los congresistas no puede resistirse y bromea: «Es la primera vez que veo a un robot haciendo *lobby* a favor de los suyos». Es probable que pocas personas comprendiesen en aquel momento que si Spot podía llevar a cabo todos aquellos movimientos, era porque estaba programado con inteligencia artificial (IA) para superar barreras físicas y caminar sobre superficies diferentes, armonizando todos los movimientos.

Esta empresa estadounidense de ingeniería robótica, como otras, prefirió que el robot no se asemejase demasiado a su equivalente de carne y hueso. «El aspecto del robot es una variable interesante –dice David–. Podríamos dedicar tiempo a controlar las proporciones mediante técnicas de diseño para que resulte más atractivo a la gente. Sin embargo, si bien podemos controlar la apariencia, nuestro objetivo es transmitir la funcionalidad de un producto robótico verdaderamente útil».

Al margen de la forma que adopte la IA, más o menos humana, no debemos perder de vista que esta tecnología solo tiene sentido si nos es útil.

FOTO: BOSTON DYNAMICS



BIENVENIDOS A LA NUEVA ERA DEL DESCUBRIMIENTO

NEUROCIRUGÍA

ESPACIO

ARQUEOLOGÍA

NATURALEZA

SISMOLOGÍA

PÁGINA 4
PÁGINA 10
PÁGINA 24
PÁGINA 30
PÁGINA 38

La inteligencia artificial (IA) no está a punto de cambiar nuestro mundo: ya lo ha transformado. Y las posibilidades científicas son más fabulosas, y más humanizadoras, de lo que cabría imaginar.

Los pasos de gigante dados en materia de computación permiten que de pronto los investigadores se planteen nuevas preguntas y resuelvan misterios milenarios. En el centro de la revolución hay una lista de técnicas complejas: aprendizaje automático, algoritmos avanzados, procesamiento del lenguaje natural, redes neuronales... Estas herramientas, manejadas por los pioneros que aparecen en estas páginas, están remodelando la concepción de nuestro planeta y nuestra percepción de lo que podemos conseguir gracias a la inteligencia artificial.

ADEMÁS: un *tour* fotográfico desde los sorprendentes orígenes de la IA hasta su futuro inescrutable, y algunas respuestas de expertos a las preguntas más espinosas de esta era trascendental.

El cráneo
está abierto;
el cronómetro,
en marcha.
Hoy los equipos
quirúrgicos
disponen de un
revolucionario
método para
observar
el cerebro.

TEXTO DE
CHRIS
GAYOMALI

CÓMO LA IA DOTA A LOS CIRUJANOS DE SUPERPODERES



FOTO: ISMAIL FERDOUS

DESCIFRANDO EL CÓDIGO DEL CÁNCER
El profesor de bioinformática Jeroen de Ridder (a la izquierda) y el patólogo molecular Bastiaan Tops han desarrollado una herramienta de IA que agiliza el diagnóstico de tumores cerebrales mientras el paciente está en la mesa de operaciones con el cráneo abierto.

EL PROBLEMA DE LA neurocirugía es que no ofrece el menor margen de error», asegura Eelco Hoving, neurocirujano pediátrico. Ni siquiera los especialistas más experimentados comprenden con precisión lo que están tratando hasta que abren el cráneo al paciente.

En el caso de los tumores neurológicos, por ejemplo, es habitual que uno ignore a qué se enfrenta hasta que retira un fragmento del cráneo y hace una biopsia de una pequeña porción de tejido cerebral. Así es como funcionan las cosas en el Centro Princesa Máxima, un hospital infantil asociado al Centro Médico Universitario de Utrecht, uno de los mayores hospitales de investigación de los Países Bajos, donde Hoving es director clínico de neurooncología. La muestra se envía al laboratorio, donde suceden dos cosas. Por un lado los patólogos secuencian y caracterizan el tejido cerebral e intentan identificar qué tipo de tumor está presente, un proceso laborioso que puede llevar una semana, cuando no más. Paralelamente, el laboratorio toma un pequeño corte transversal de la muestra, lo congela y lo secciona –en esencia, crea una «instantánea congelada», dice Hoving–, y a continuación lo revisa al microscopio en un proceso denominado corte rápido. Aunque el corte rápido puede contribuir a identificar el tipo de tumor en tan solo 15 o 20 minutos, como método de diagnóstico es mucho menos fiable que la vía más lenta.

Esto pone a los neurocirujanos en una encrucijada mientras el paciente está en la mesa de operaciones con el cerebro expuesto. Se toma una serie de decisiones difíciles a partir de una información imperfecta: ¿hay realmente un tumor? Y si es cáncer, ¿se trata de una forma agresiva que requiere una extirpación inmediata? ¿O de un tumor más leve que puede tratarse con un método menos invasivo, como la quimioterapia?

Hoving, que trata a niños y adolescentes, es dolorosamente consciente de esas limitaciones. Recuerda el caso de un joven paciente al que operó hace unos años. El corte rápido reveló un tumor embrionario de alta malignidad. Dada su elevada agresividad, Hoving concluyó que lo mejor sería llevar a cabo una resección radical, extirpando con sumo cuidado más del 98 por ciento del tejido tumoral, un procedimiento lento y mentalmente agotador que exige una concentración superlativa durante muchas horas seguidas. Como consecuencia de la intervención, el paciente perdió parte del control motor en un brazo.

Cuando 10 días después llegaron los resultados del laboratorio, el informe de patología indicaba que el tumor era en realidad de un tipo mucho más leve. «Resultó ser un germinoma –recuerda Hoving–, un tumor que podía tratarse muy eficazmente con radioterapia y quimioterapia». El cirujano había tomado la mejor decisión posible con la información limitada de la que disponía: «Intenté hacer una resección radical con las mejores intenciones, pero *a posteriori* es evidente que no procedía».

Hoy Hoving forma parte de un equipo de investigación del Princesa Máxima que desde el verano de 2023 experimenta con inteligencia artificial para identificar tumores en tiempo real. El equipo utiliza un modelo de IA bautizado como Sturgeon, capaz de clasificar tumores cerebrales con una precisión del 90 por ciento en 40 minutos o menos, tiempo suficiente para que el cirujano tome una decisión informada mientras el paciente está en la mesa de operaciones. «Los patólogos siguen revisando todas las muestras», afirma Bastiaan Tops, jefe del laboratorio de patología oncológica pediátrica del Princesa Máxima. La IA simplemente proporciona más información.

La génesis del proyecto se remonta a principios de 2022, cuando Tops se enteró de que uno de sus colegas del campus, Jeroen de Ridder, investigador principal y profesor asociado del Centro de Medicina Molecular, estaba logrando grandes avances en el campo



IDENTIFICAR TUMORES, SALVAR VIDAS
Un equipo médico opera en 2024 a un paciente en el Centro Princesa Máxima de los Países Bajos, donde la IA se utiliza regularmente para ayudar a diagnosticar tumores con mayor rapidez y eficacia.

de la secuenciación molecular valiéndose de un instrumento nuevo y relativamente asequible llamado secuenciador por nanoporos, capaz de leer cadenas de ADN.

Tops tuvo una idea brillante: ¿y si pudiesen combinar este secuenciador con algún tipo de algoritmo de aprendizaje avanzado programado para acelerar radicalmente la identificación de tumores? Telefoneó a De Ridder para comentarle su idea.

«Me dijo que vislumbraba alguna aplicación de la secuenciación por nanoporos en el ámbito del diagnóstico ultrarrápido», recuerda De Ridder. Y como el campus es pequeño, enseguida se plantó en el despacho de Tops. «Nos sentamos juntos y empezamos a idear posibilidades».

El secuenciador por nanoporos es un pequeño dispositivo que cuesta a partir de 1.800 euros, lo que en el universo médico se considera barato, y por ende prometedor para los hospitales de los países en desarrollo. Se parece a una grapadora y se conecta a un ordenador portátil por USB; en otras palabras, no tiene aspecto futurista en absoluto. Funciona haciendo pasar una cadena de ADN por una membrana provista en su interior de orificios diminutos o nanoporos. Cada nanoporo está asociado a un electrodo y a un sensor que registra las interrupciones experimentadas por la corriente eléctrica del sistema a medida que la cadena pasa por los orificios. El resultado es una firma única –la «rúbrica» de cada cadena– que puede descodificarse en una secuencia de bases. Al mismo tiempo, los investigadores pueden utilizar Sturgeon para identificar qué tipo de cáncer está presente.

FOTO: LUCA LOCATELLI

El gran obstáculo, al igual que ocurre con cualquier *software* de identificación que utilice IA, es que hablamos de fragmentos de datos incompletos, en este caso a nivel molecular. A De Ridder le gusta describir el proceso con un ejemplo más concreto: «El reto que debe resolver la IA es, si te muestro la foto de un elefante, ¿el ordenador reconoce lo que hay en la foto?». Digamos que solo se ve un uno por ciento, quizás unos pocos píxeles grises correspondientes a la trompa, y que el otro 99 es desconocido o inescrutable. «¿Podemos crear una IA que así y todo pueda reconocer que en la foto aparece un elefante? –se pregunta–. Pues bien, esa es la IA que hemos desarrollado. En última instancia, eso es lo que hace».

La otra dificultad fundamental, sobre todo en el caso de los tumores cerebrales pediátricos, es que los hospitales tratan quizá menos de cien casos al año, y por lo tanto hay un problema de escasez de datos. Al trabajar con una IA se necesita una base de datos de miles de casos para poder empezar siquiera a entrenar a un sistema como Sturgeon en la identificación de tumores. (Compárelo con ChatGPT, que se entrena a sí mismo con miles de millones de frases disponibles gratuitamente en internet). ¿Cómo conjugar un pequeño número de muestras con la necesidad de unas baterías de datos inconcebiblemente amplias? Para De Ridder y Tops, la respuesta fue ponerse creativos.

La pareja extrajo datos de muestras de tumores preexistentes, recogidas en estudios ya publicados. Aun así, trabajaban a déficit. «Teníamos unas 3.000 muestras –dice De Ridder–. Nada para tirar cohetes».

Pero a partir de esas 3.000 muestras consiguieron simular millones de secuencias únicas de nanoporos que utilizaron para entrenar a Sturgeon, algo así como cuando en la película *Matrix* inyectan en el cerebro de Neo siglos de entrenamiento en kung-fu. «Lo repetimos 45 millones de veces para alcanzar un conjunto de datos con el volumen necesario para entrenar unas redes extremadamente complejas –explica De Ridder–. Y lo cierto es que funcionó».

Aunque Sturgeon ya se utiliza con fines de investigación para coadyuvar en la toma de decisiones en tiempo real, el equipo del Princesa Máxima está diseñando ensayos clínicos para comprender mejor su impacto. En teoría, la secuenciación molecular podría ampliarse para identificar enfermedades y trastornos más allá de los tumores cerebrales: melanomas, micosis pulmonares, trastornos sanguíneos raros como la mielofibrosis... Usar el ADN para reconocer al instante dolencias raras o de difícil diagnóstico podría transformar radicalmente el panorama de la medicina. En el campo de la neurocirugía, algunos científicos ya teorizan que la IA podría emparejarse con robots quirúrgicos para automatizar intervenciones complejas. Mientras tanto, investigadores de Harvard y de Google acaban de completar el primer mapa tridimensional de un milímetro cúbico de tejido cerebral, lo que podría ofrecer todavía más vías para comprender por qué pensamos como pensamos, cuándo algo puede ir mal en el plano cognitivo o incluso cómo experimentamos las emociones.

Pero el progreso es gradual. Lento por definición. Las autoridades sanitarias aún deben verificar que Sturgeon y otras técnicas similares son seguras, lo que podría llevar un lustro, si no más. «Tenemos que demostrarlo –dice Hoving–. [Tenemos que] darle unos cimientos totalmente fiables».

Aunque empezó siendo un neófito de la IA, en el ínterin Hoving se ha convertido en un defensor de las posibilidades que ofrece esta tecnología, en especial como herramienta adicional. Imagínese, en 10 o 15 años un neurocirujano podría llevar unas gafas con IA capaces de localizar e identificar cánceres en tiempo real: la visión de Terminator, pero para rastrear tumores.

«Creo que hay muchas técnicas, en especial en el campo de la imagen y de este tipo de realidad mixta, que nos ayudarán», augura Hoving. Al final corresponderá a los neurocirujanos tomar la decisión final, como siempre ha ocurrido, pero podrán hacerlo con muchas menos incertidumbres.

¿Debemos aceptar que las máquinas no son INFALIBLES?

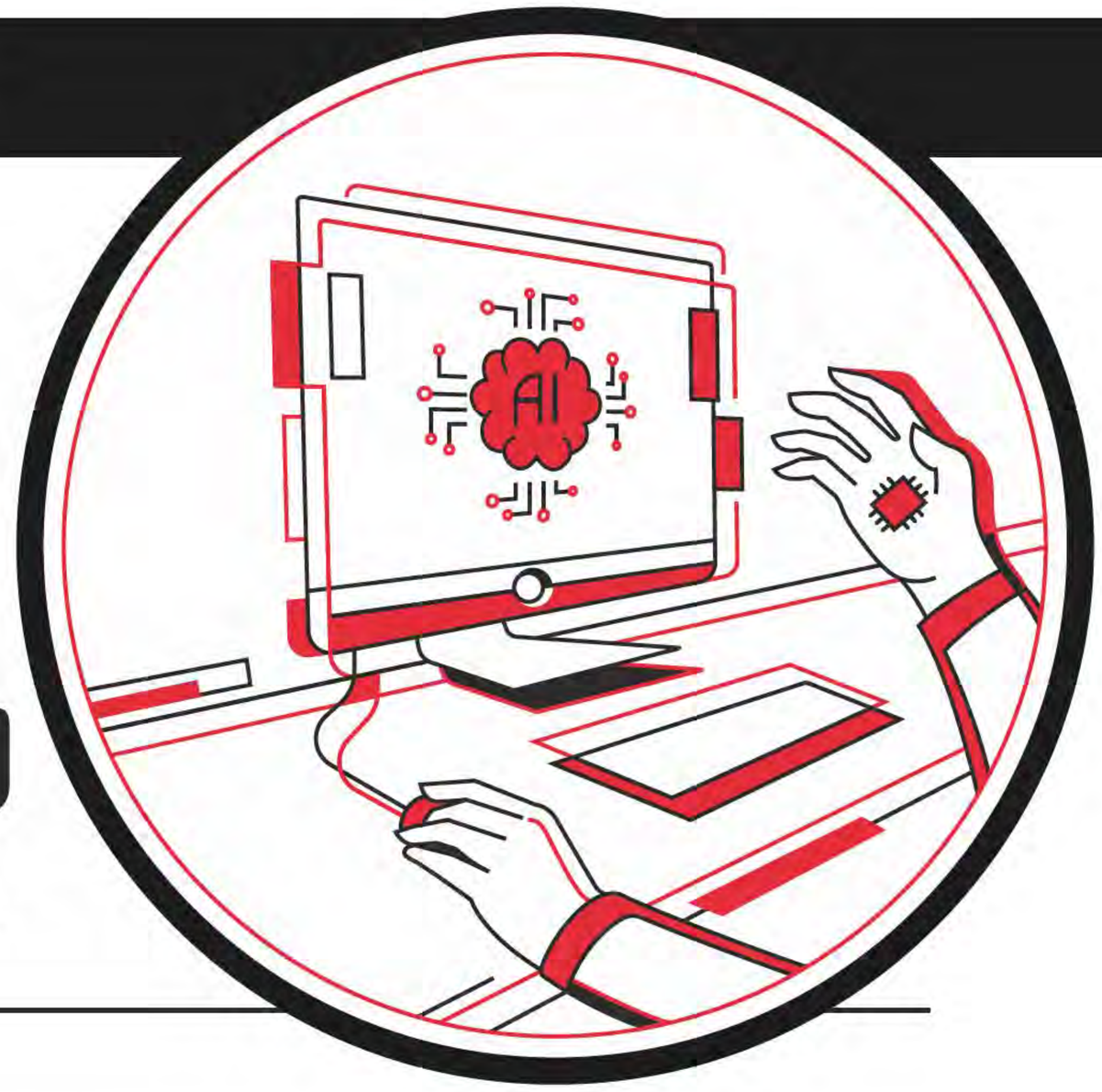


ILUSTRACIÓN: MUHAMMAD BAGUS PRASETYO

Un estudio reciente demostró que uno de los *chatbots* de IA más populares ha estado dando consejos inexactos sobre codificación y programación informática. Es uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la IA en este momento: estos algoritmos en evolución tienden a «alucinar», término que denota lo que ocurre cuando un modelo de aprendizaje genera una afirmación que suena verosímil, pero es pura invención. Se debe a que las aplicaciones de IA generativa, como los grandes modelos lingüísticos, funcionan en esencia como un programa de predicción. Cuando formulamos una pregunta al *chatbot*, este peina su base de conocimientos en busca de información pertinente y luego predice un conjunto de palabras que percibe como la respuesta deseada. A esa predicción le sigue otra –otro conjunto de palabras– que la IA ha aprendido que suele venir a continuación, y así sucesivamente.

Pero Rayid Ghani, profesor del Departamento de Aprendizaje Automático de la Universidad Carnegie Mellon y de la Escuela Universitaria Heinz de Sistemas de Información y Políticas Públicas, afirma que ese proceso incide más en la probabilidad que en la verdad: la mayoría de los modelos generativos de IA han sido entrenados con grandes cantidades de datos procedentes de internet, pero nadie ha verificado su exactitud, ni la IA entiende qué es o no es una fuente fiable. Así se explica, por ejemplo, la famosa metedura de pata de la IA de Google, que sugería poner pegamento en la *pizza* para que no se escurriese el queso; la propuesta se basaba en un chiste publicado hace años en Reddit.

Cuando los humanos cometemos errores, dice Ghani, nos resulta fácil empatizar, pues reconocemos que las personas no son perfectas. Pero sí esperamos que nuestras máquinas acierten siempre. Nunca dudaríamos de una calculadora, por ejemplo. Por eso nos resulta tan difícil perdonar a la IA cuando se equivoca. Pero la empatía puede ser una poderosa herramienta de depuración del programa: al fin y al cabo, hablamos de sistemas fabricados por humanos. Si nos tomamos el tiempo necesario para examinar no solo los procesos de la IA, sino también los deficientes procesos humanos que subyacen a los conjuntos de datos con los que ha sido entrenada, podemos conseguir que esta mejore y, con un poco de suerte, reflexionar sobre nuestros prejuicios socioculturales y trabajar para desmontarlos.

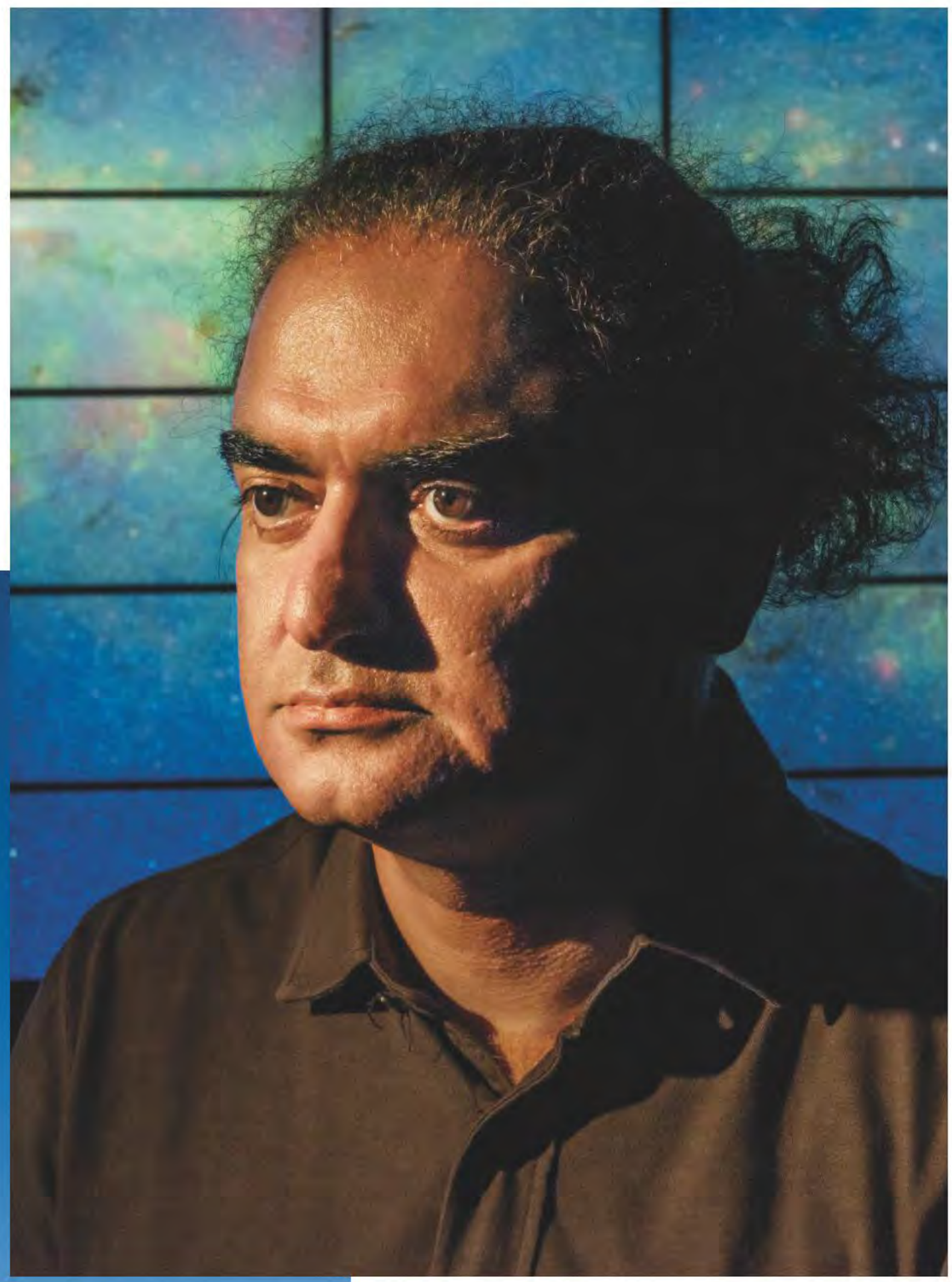
«Tenemos que averiguar cómo poner salvaguardas en estos *chatbots*, por ejemplo con herramientas que comprueben las citas y los hechos. Y sospecho que empezaremos a verlas pronto –afirma Ghani–. Pero no lo olvidemos: los humanos también metemos la pata. Que un libro esté en una biblioteca no significa que todo su contenido sea correcto». *—Neel Dhanesha*

En su búsqueda de vida extraterrestre, los astrónomos no solo trabajan con una imagen más amplia del firmamento: también ven con nuevos ojos lo que podrían haber pasado por alto.

TEXTO DE
REBECCA BOYLE

POR QUÉ LA IA ACELERA LA BÚSQUEDA DE OTRA TIERRA







UN CAZAPLANETAS
Como informático en Silicon Valley, Hamed Valizadegan podría haber tenido cualquier empleo tecnológico lucrativo que se le antojase. En lugar de eso, solicitó un puesto en la NASA. «Para mí, la alegría de responder a preguntas trascendentes y misteriosas supera con creces las consideraciones financieras», afirma.

DILUVIO DE DATOS
El Observatorio Vera C. Rubin de Chile registrará miles de millones de objetos celestes, desde asteroides hasta planetas pasando por estrellas, para crear un mapa del universo con un nivel de detalle sin precedentes.

FOTOS: ISMAIL FERDOUS (RETRATO); SPENCER LOWELL

COMO EXPERTO en aprendizaje automático de la NASA, en una ocasión Hamed Valizadegan entrenó un algoritmo para que examinase imágenes de los vasos sanguíneos de la retina de los astronautas y así comprender mejor los cambios que experimenta la visión en condiciones de microgravedad. Era un trabajo importante, pero este científico, que no ha perdido su afición infantil por el cielo nocturno, no conseguía acallar su deseo de estudiar las estrellas.

«Podría estar mirando el cielo durante horas, reflexionando sobre el sentido de la vida y preguntándome si estamos solos en este inmenso universo», dice. Al principio, sin embargo, los demás científicos espaciales parecían reacios a adoptar la inteligencia artificial como herramienta para explorar el cosmos. Quizá se deba a que los algoritmos avanzados no suelen mostrar cómo funcionan. Los sofisticados sistemas de IA se inspiran en el cerebro, de modo que cada «neurona» sintética lleva a cabo los cálculos pertinentes y transmite después la información a otros nodos de la red. Los sistemas resultantes implican tantos cálculos que puede resultar imposible dilucidar cómo se ha llegado a las respuestas. Esa naturaleza de caja negra, dice Valizadegan, ahuyentaba a los científicos que seguían estándares históricos de modelización y simulación ultraprecisas.

Pero la astronomía moderna se estaba acercando a un cuello de botella. Los telescopios terrestres y espaciales recogen tanta información que los humanos no podemos



UNA NUEVA Y ASOMBROSA VISIÓN DEL COSMOS
El telescopio Vera C. Rubin captará todo el firmamento cada tres o cuatro noches, generando numerosos datos listos para ser analizados con IA. En la imagen, obras del soporte del espejo primario de 8,4 metros.

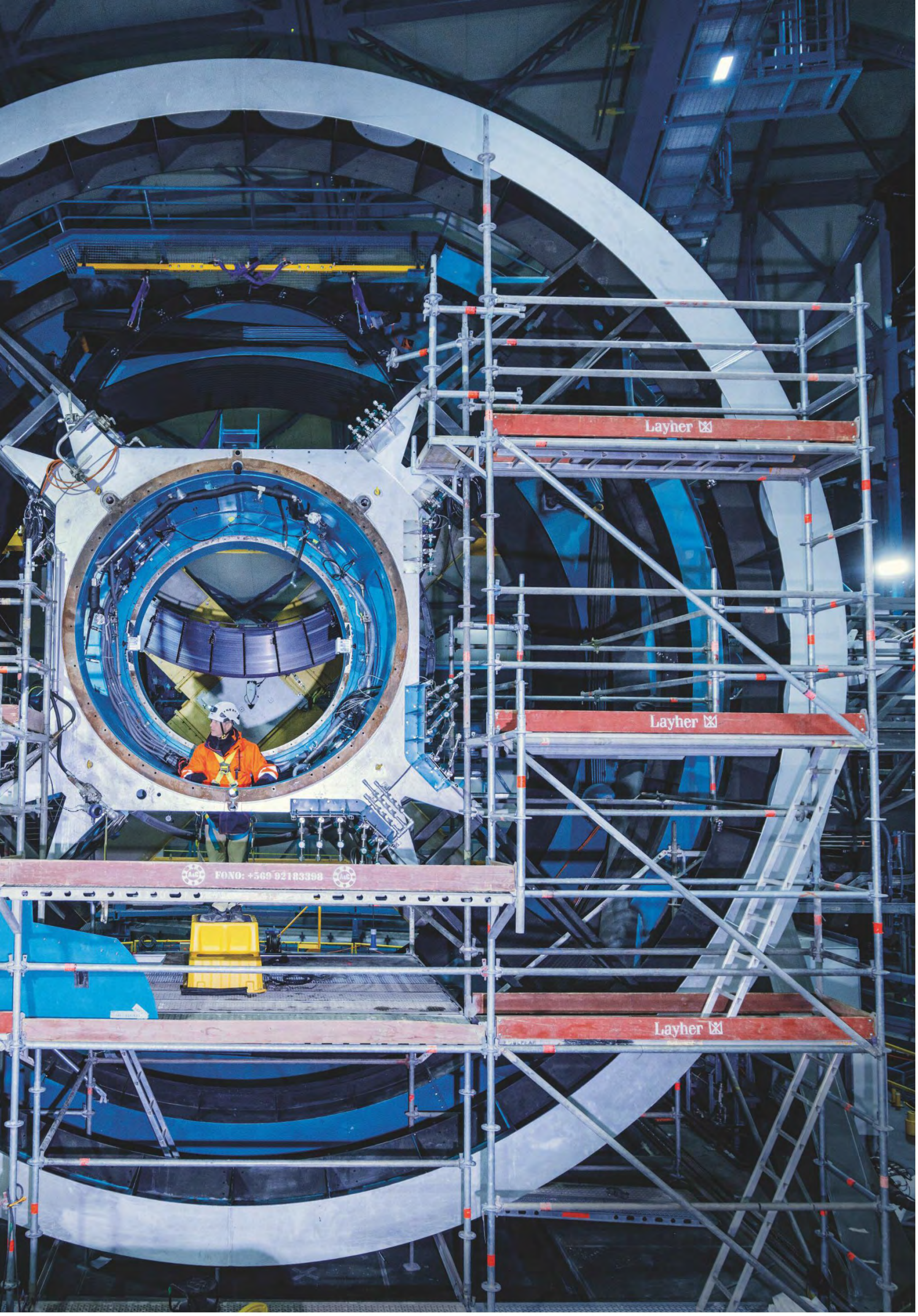


FOTO: SPENCER LOWELL

descifrarla con rapidez, o incluso ni siquiera descifrarla. Y además estaban proyectándose futuros observatorios que inundarían la disciplina con más y más observaciones. Pongamos por caso el Observatorio Vera C. Rubin de Chile, cuya construcción se propuso en 2001. A partir de 2025 tomará imágenes de todo el firmamento cada tres noches con la cámara más grande del mundo, con una resolución de 3.200 megapíxeles. Se prevé que capte datos de un millón de supernovas al año, así como de decenas de miles de asteroides y otros objetos celestes. ¿Cómo podrían estudiarlos los científicos humanos por sí solos, por muchos que fuesen?

En 2014 Valizadegan se asoció con el astrónomo Jon Jenkins, que lo invitó a participar en una búsqueda más automatizada de otro planeta similar a la Tierra dentro de nuestra galaxia. Era justo el tipo de proyecto en el que Valizadegan ansiaba participar.

Aunque podrían existir extrañas formas de vida en mundos muy diferentes al nuestro, la ciencia ha puesto sus miras en encontrar lo conocido: un planeta rocoso, con una atmósfera estable y agua líquida, que orbite alrededor de una estrella. Pero descubrir un planeta así entraña unas dificultades literalmente astronómicas. Algunas estimaciones sitúan el número de planetas de la Vía Láctea en cientos de miles de millones, de los que solo una pequeña –pero desconocida– proporción son análogos a la Tierra.

La humanidad ha emprendido esta búsqueda relativamente tarde. Los astrónomos hallaron el primer planeta que orbita una estrella distinta a la nuestra –es decir, un exoplaneta– en 1995. La búsqueda se aceleró en la década de 2010 con el Telescopio Espacial Kepler, que observó 150.000 estrellas dentro de una pequeña región del cielo durante nueve años, rotando de vez en cuando para escanear una nueva sección del espacio. Su sucesor, el Satélite de Búsqueda de Exoplanetas en Tránsito, lanzado al espacio en 2018 para observar una parte mucho mayor del firmamento, se centró en unas 200.000 estrellas más cercanas a la Tierra. Incluso con estos observatorios espaciales, detectar exoplanetas es un proceso largo y difícil. Estos telescopios no pueden ver los planetas en sí, como un telescopio normal vería Júpiter o Saturno. Lo que hacen es confirmar su existencia de manera indirecta. Para ello miden los cambios casi imperceptibles en el brillo de una estrella que podrían indicar un tránsito planetario. Los astrónomos escrutan las alteraciones de la luz de las estrellas –las denominadas curvas de luz– para identificar planetas potenciales. Luego, para demostrar que existe determinado planeta, los telescopios terrestres miden cómo oscila una estrella por la atracción gravitatoria que este ejerce sobre ella. Una vez localizado el planeta, comprender cómo es resulta más peliagudo. Para ello los astrónomos hacen suposiciones basadas en el tamaño y la distancia a su estrella.

Gracias a este laborioso empeño, hoy conocen al menos 5.600 planetas que orbitan en torno a estrellas lejanas en la Vía Láctea. Algunos son gigantes gaseosos mayores que Júpiter y Saturno; otros son rocas calientes más pequeñas que Marte; la mayoría son mundos hechos de gas, roca o ambas cosas, a menudo de dimensiones intermedias entre la Tierra y Neptuno.

Ninguno se parece a nuestro hogar. Y ninguno reúne las condiciones ni las sustancias químicas necesarias para que exista vida tal y como nosotros la conocemos. Pero la IA podría revelar algo diferente, porque es capaz de ver todavía más allá.

EN 2018 EL EQUIPO de Valizadegan inició la construcción de un programa de aprendizaje automático para acelerar la búsqueda de exoplanetas. Entrenaron el *software* con datos que delataban la presencia de planetas confirmados y también con falsos positivos, como estrellas binarias que se eclipsan entre sí y pueden confundirse con un planeta en tránsito. Lo llamaron ExoMiner y lo pusieron a prueba con el archivo de observaciones del telescopio Kepler.

«No me imaginaba que daría tan buen resultado», afirma Valizadegan. Su modelo identificó rápidamente 370 exoplanetas

hasta entonces desconocidos. «Al principio hubo mucha resistencia por parte de los científicos, que decían: "No, esto no debe etiquetarse como planeta". Pero con el tiempo se fueron fiando más». Hasta ahora, ExoMiner no se ha equivocado ni una vez, asegura.

Ninguno de estos 370 nuevos planetas se parece a la Tierra, ni a ningún otro planeta de nuestro sistema solar. Un nuevo mundo, bautizado como Kepler-495 c, tiene más o menos el doble de tamaño que la Tierra y orbita una estrella similar al Sol a un ritmo vertiginoso: completa una órbita cada seis días. Otro, llamado Kepler-27 d, es unas ocho veces mayor que la Tierra y experimenta un fugaz año de seis días y medio. Abrasados por el calor y la radiación de sus respectivas estrellas, son probablemente inhabitables.

Según Valizadegan, ExoMiner es solo el primer paso del uso de IA para resolver el que quizá sea el ejemplo por excelencia de hallar una aguja en un pajar. Una nueva generación de telescopios buscadores de planetas que entrarán en funcionamiento en la próxima década traerán a la Tierra mayor luz estelar. También se están desarrollando futuros detectores planetarios por IA, inspirados en ExoMiner. De hecho, los investigadores ya dan por seguro que la IA puede ser útil a la hora de buscar no solo nuevos mundos, sino también las condiciones más propicias para albergar vida.

EN 2020 LISA KALTENEGGER, astrofísica especializada en exoplanetas y directora del Instituto Carl Sagan de la Universidad Cornell, y su colaborador Dang Pham se preguntaron si sería posible entrenar sistemas de aprendizaje automático para localizar recursos que posibiliten la vida, como el agua, algo que ExoMiner no puede hacer. «Si encuentras hielo o nubes, puedes deducir que hay agua –explica Kaltenegger–. Por eso nos preguntamos hasta qué punto un sistema de este tipo sería bueno identificando agua, nubes y hielo».

Kaltenegger y Pham usaron mediciones de la atmósfera terrestre para simular exoplanetas con superficie rocosa, agua, nubes y hielo. También entrenaron un algoritmo para buscar un signo de actividad biológica llamado límite rojo: longitudes de onda de luz que las plantas reflejan hacia el espacio.

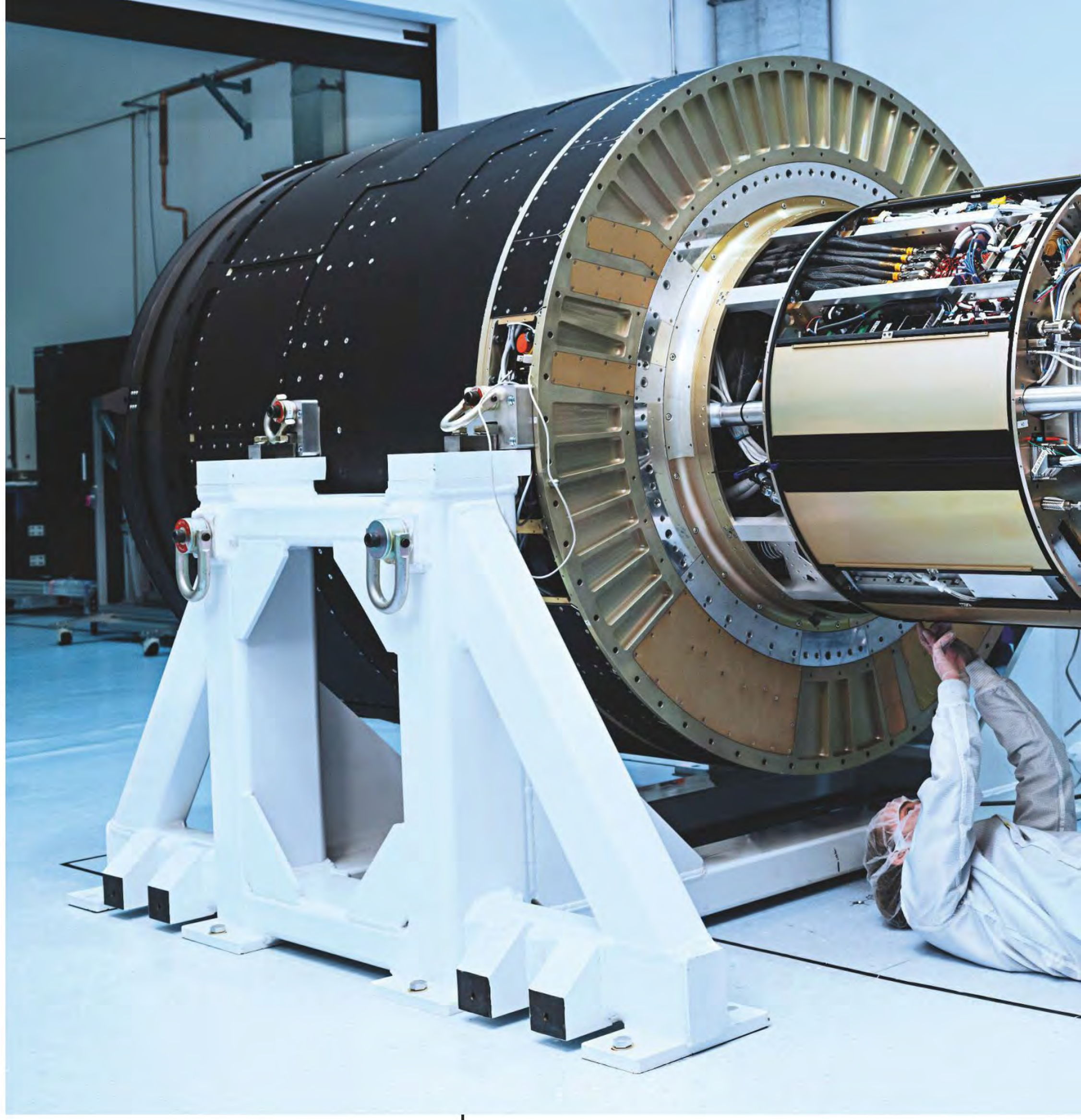
Descubrieron que su *software* era capaz de detectar la existencia de vida en una atmósfera simulada más o menos un 75 por ciento de las veces, lo que podría mejorar en gran medida la búsqueda inicial de otra Tierra. «Creí que sería dificilísimo lograrlo, pero los algoritmos de aprendizaje automático son muy eficaces a la hora de encontrar patrones en los datos», apunta Kaltenegger. (Los programas informáticos destacaron a la hora de detectar signos de la presencia de plantas con hojas, pero resultaron menos fiables cuando buscaban indicios de líquenes, corteza de árbol o biofilm).

Con todo, existen limitaciones. Los algoritmos no pueden proporcionar certezas absolutas. Más bien podrían servir para estimar que cierto porcentaje de la superficie de un planeta está cubierto de vida. Y eso no es un descubrimiento, advierte Kaltenegger, sino una pista útil.

«Que nadie se espere un titular del estilo: la IA ha encontrado un planeta parecido a la Tierra –añade–. Lo que hará la IA será aportar información que tendrán que analizar personas». Los científicos humanos todavía tendrán que orientar sus telescopios hacia el planeta y buscar indicios químicos de que allí podría existir vida.

En última instancia, serán personas de carne y hueso quienes decidan lo que significa un descubrimiento así.

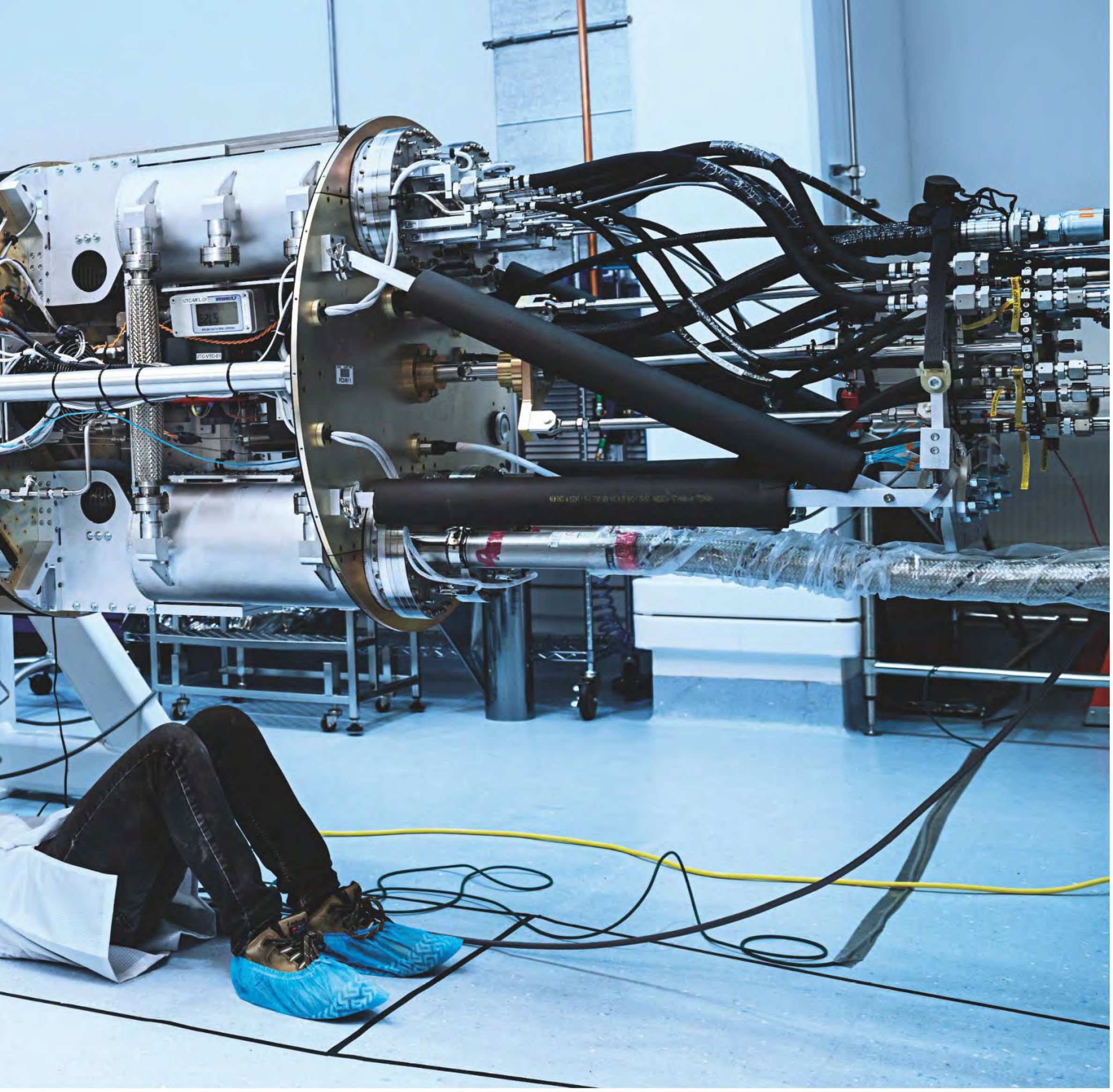
EL TRABAJO DE VALIZADEGAN es solo uno de tantos ejemplos impresionantes de cómo la IA nos está dando una imagen más detallada del cosmos. Hace apenas unos años, científicos de un equipo internacional llamado Telescopio del Horizonte de Sucesos publicaron la primera imagen de un agujero negro. Para lograrlo, cientos de investigadores reunieron datos de radiotelescopios de todo el mundo. La imagen resultante era monumental, pero aparecía borrosa debido a las limitaciones de los telescopios.



Lia Medeiros, astrofísica computacional y miembro de aquel equipo, construyó un algoritmo que identifica patrones en los datos de radio y crea una nueva versión de la imagen. El algoritmo, llamado PRIMO, no aumentó la nitidez de la imagen como haría un fotógrafo humano con Photoshop, sino que creó una imagen completamente nueva, como si un usuario de Photoshop generase otra foto. El resultado es una imagen de mayor definición que la producida por el Telescopio del Horizonte de Sucesos, con los rasgos del agujero negro más nítidos.

Medeiros piensa que PRIMO se podría usar para construir imágenes de otros objetos misteriosos. Algunos de los procesos más interesantes de la formación planetaria continúan siendo invisibles a nuestros ojos, incluso con los mejores telescopios. Los grandes radiotelescopios detectan el polvo y el gas de los discos protoplanetarios donde se forman los planetas, y los telescopios ópticos ven mundos totalmente formados, pero las etapas intermedias de esa génesis no se aprecian con tanta claridad. Medeiros cree que sistemas como PRIMO pueden mejorar la resolución de los telescopios más sensibles de la Tierra, lo que quizá permita vislumbrar esos misterios.

Pese a todo su potencial, dice, algunos científicos continúan desconfiando del aprendizaje automático. El problema de la



MAYOR DEFINICIÓN
La cámara más grande de la Tierra, mostrada en una sala del Observatorio Vera C. Rubin, es del tamaño de un coche utilitario, pesa tres toneladas y alberga un sensor con una resolución de 3.200 megapíxeles.

caja negra persiste. (Medeiros señala que construyó PRIMO desde cero pensando en la transparencia. Pero no todas las preguntas astronómicas pueden responderse con programas diseñados a medida como el suyo).

ExoMiner, construido sobre redes neuronales preexistentes y muy perfeccionado por Valizadegan y sus colegas, tiene más de caja negra. Pero los astrónomos llegaron a confiar en él, sobre todo cuando empezó a encontrar planetas.

Valizadegan se crio en Irán, donde surgió su amor por el cielo nocturno. A menudo recuerda el *Rubaiyat*, el poemario de Omar Khayyam, un persa del siglo XI que escribió sobre la fugacidad de la vida, el lugar de la humanidad en el universo y el paso del tiempo. De niño aquellos versos le hacían cuestionarse su lugar en el cosmos. Hoy la idea de que no estamos solos en el universo aún le quita el sueño por las noches. Cuando amanece, sigue buscando una respuesta.

FOTO: SPENCER LOWELL

LA EVOLUCIÓN DE LA IA

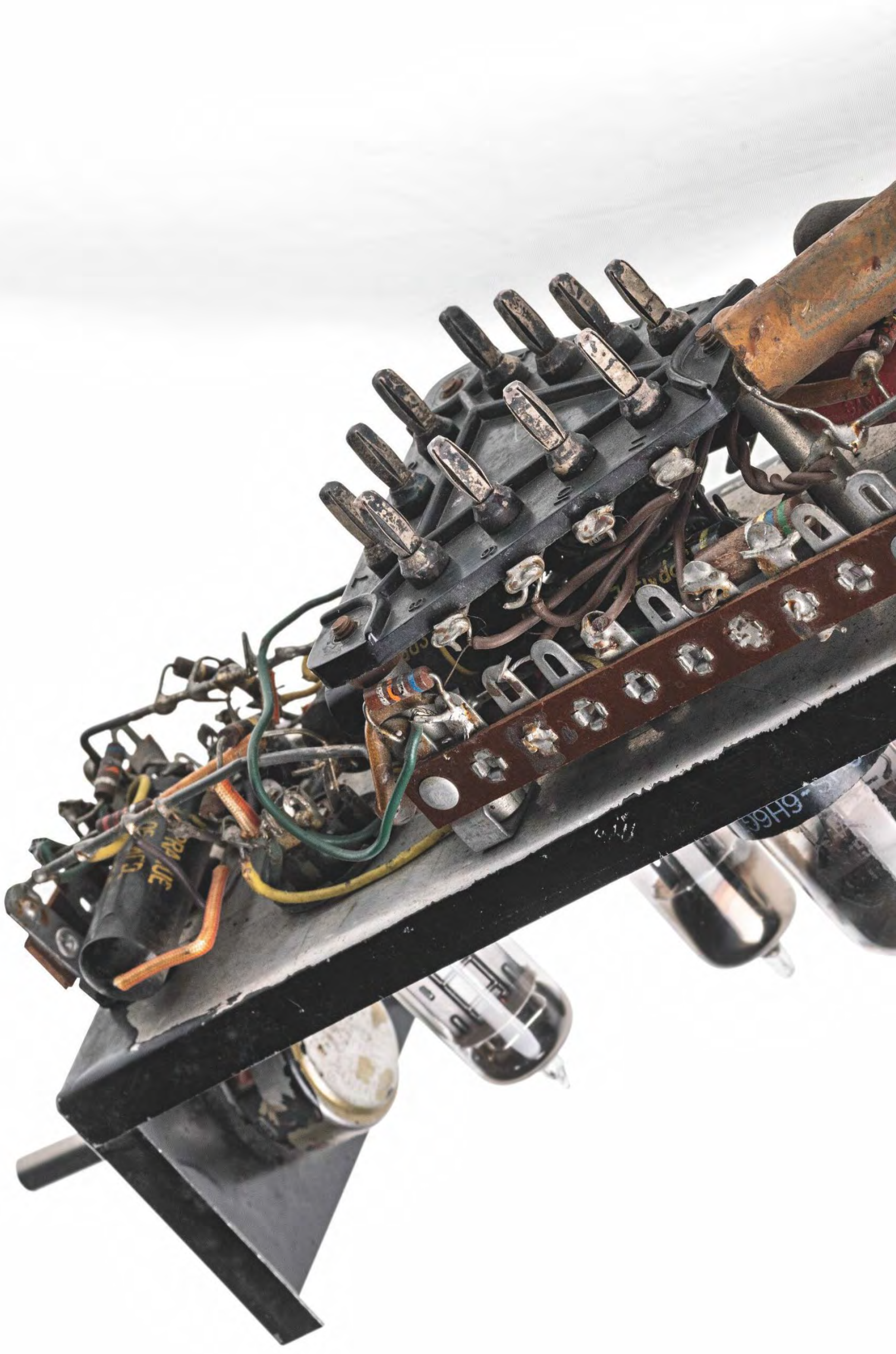
Los sistemas de IA cambian tan rápido como el *hardware* en el que se ejecutan. Hace 70 años existían versiones rudimentarias capaces de orientarse en un laberinto. Hoy completan cálculos astronómicos. Mañana, ¿quién sabe?

UNA RED NEURONAL PRIMITIVA

Las redes neuronales artificiales son la vanguardia de la IA, pero se basan en una idea de hace décadas. El SNARC (por las iniciales en inglés de «calculadora de refuerzo analógico neuronal estocástico») fue uno de los primeros prototipos, creado por el informático Marvin Minsky en 1951. Este circuito –compuesto de tubos de vacío, resistores y condensadores– simula una neurona, que funcionaba en una red del tamaño de un piano de cola con otras 39 neuronas. Cada nodo realizaba cálculos que influían en la toma de decisiones de todo el sistema. Con su potencia de cálculo, el SNARC podía resolver un laberinto informatizado. Las redes neuronales más modernas poseen cientos de miles de millones de conexiones y son capaces de resolver problemas muy complejos.



FOTO: SPENCER LOWELL



EL ORDENADOR MÁS POTENTE DEL MUNDO

El ordenador El Capitán, instalado recientemente en el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore de California, puede llevar a cabo dos trillones -es decir, un dos seguido de 18 ceros- de cálculos por segundo. (Por aportar perspectiva, se calcula que hay 7,5 trillones de granos de arena en la Tierra). Tan exorbitante capacidad de cálculo lo convertirá en el superordenador más potente del mundo. Los científicos esperan utilizar esta enorme máquina, bautizada en alusión a la famosa roca de Yosemite y alojada en una instalación de 4.460 metros cuadrados, para potenciar la IA con el fin de predecir los resultados de los experimentos científicos antes de que estos comiencen. También se utilizará para llevar a cabo simulaciones de explosiones nucleares.

FOTO: SPENCER LOWELL

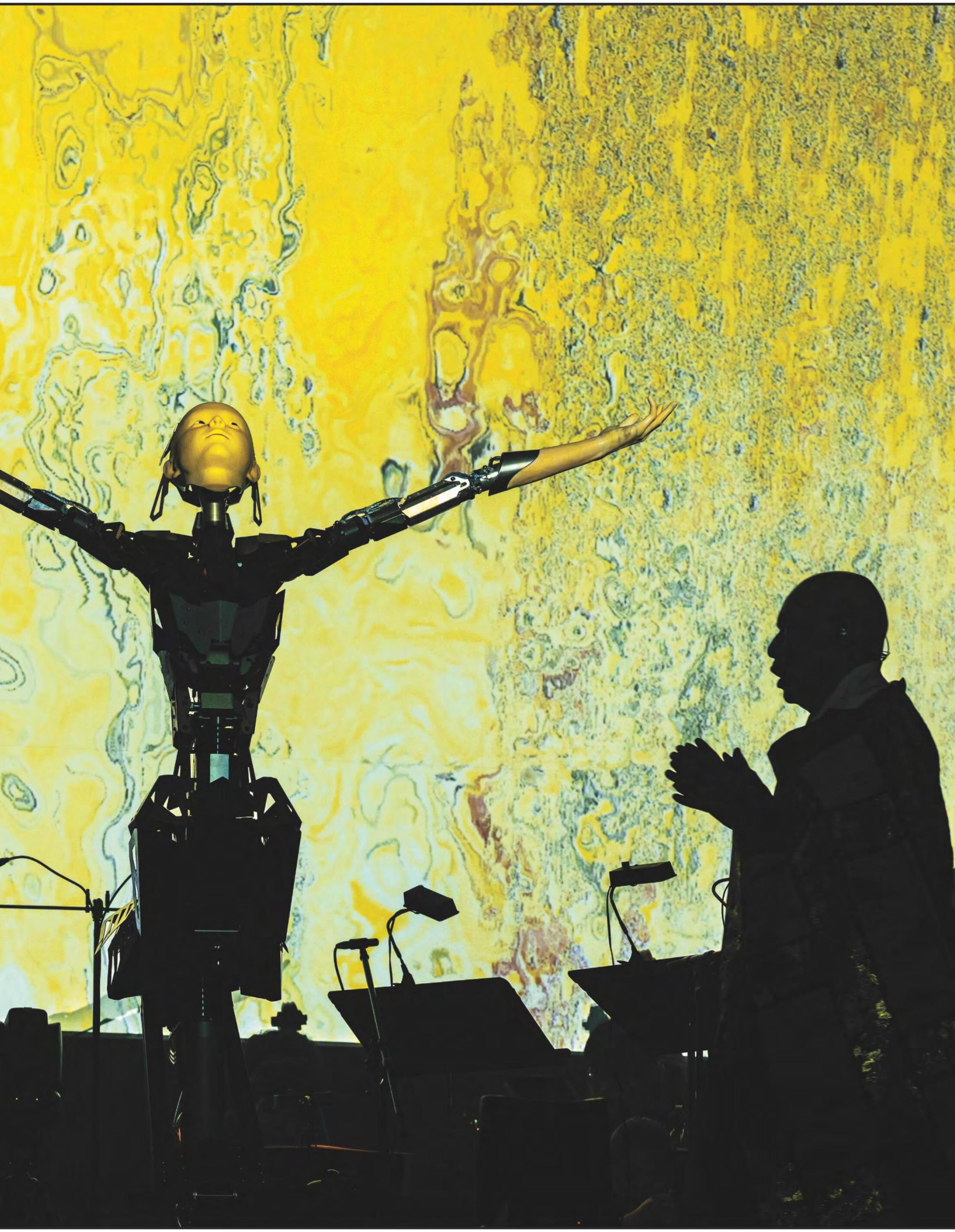


POSIBILIDADES INESPERADAS

Durante el espectáculo *Android Opera Tokyo*, un robot improvisa letras de canciones con ChatGPT, una herramienta de IA generativa. La actuación permite vislumbrar cómo la IA podría redefinir nuestros límites artísticos, ofreciendo nuevos estilos de creatividad y entretenimiento.

Dado que los científicos no comprenden del todo el funcionamiento interno de los programas de IA, no pueden hacer una predicción fiable de cómo evolucionarán, lo que deja margen para mucha más experimentación. «A esto lo llamamos la frontera irregular -dice Ethan Mollick, que estudia cómo afecta la tecnología a la sociedad desde la Wharton School de Pennsylvania-. La idea es que a la IA se le dan de maravilla algunas cosas que no esperaríamos», como quizá generar letras de canciones, «pero es malísima en otros aspectos». (ChatGPT tiene problemas para contar el número de palabras de un párrafo determinado).

FOTO: YUTARO YAMAGUCHI



Pertrechados con nuevas herramientas, de pronto los expertos son capaces de leer rollos de papiro demasiado frágiles para desenrollarlos. Esta revolución podría reescribir la historia.

TEXTO DE

DAVID MONTGOMERY

CÓMO LA IA ESTÁ DESCIFRANDO SECRETOS PERDIDOS DEL MUNDO ANTIGUO



FOTO: ISMAIL FERDOUS

EL DESAFÍO VESUBIO

Youssef Nader y su equipo utilizaron la IA para revelar 15 columnas de texto de un antiguo rollo de papiro sepultado por la erupción del Vesubio en el año 79 d.C.

EN LA PRIMAVERA DE 2023, al volante de su coche de camino a Starbase, en Texas, para hacer sus prácticas universitarias en SpaceX, Luke Farritor se quedó fascinado por un *podcast* en el que los presentadores describían un concurso con un objetivo ambicioso: leer un papiro de 2.000 años de antigüedad sin desenrollarlo físicamente. El manuscrito formaba parte de un tesoro de rollos enterrados y carbonizados por la erupción del Vesubio, que arrasó las ciudades romanas de Pompeya y Herculano en el año 79 d.C. Si los rollos se desplegasen, se desharían en pedazos, borrando para siempre cualquier mensaje que contuviesen. Los concursantes que hallasen el modo de ver el interior utilizando el aprendizaje automático podrían repartirse más de un millón de dólares en premios.

«Me dije: ¡madre mía! tengo que ponerme con esto –recuerda Farritor, que hoy tiene 22 años–. Era tentador, sobre todo al pensar que existía la posibilidad de descubrir una nueva biblioteca del mundo antiguo, una verdadera locura».

Farritor, estudiante de informática, trabajaba en el ámbito de los viajes espaciales, pero dedicaba las noches y los fines de semana al Desafío Vesubio, que tenía algo de viaje en el tiempo. ¿Qué habría escrito en aquel papiro hallado en una villa de Herculano que se cree fue propiedad del suegro de Julio César?

Para averiguarlo, los concursantes tendrían que desarrollar sus propios programas capaces de interpretar los escaneados 3D ya existentes del rollo e identificar sutiles variaciones físicas para detectar los caracteres conservados en el material carbonizado.

Farritor empezó estudiando las tomografías computarizadas de varias secciones en las que la tinta a base de carbono resultaba indistinguible del papiro carbonizado. Otro concursante había observado patrones de «craquelado» que recordaban a las líneas del barro seco, pero que podían indicar la presencia de tinta. Como el concurso recompensaba a los participantes con premios en metálico por compartir los resultados preliminares, Farritor pudo entrenar un modelo de aprendizaje automático para que se concentrase en la textura de ese craquelado.

Un sábado por la noche, de vuelta en la Universidad de Nebraska, Farritor recibió la noticia de que en la web del concurso acababan de colgar una nueva sección del papiro para los concursantes. Como estaba en una fiesta, se conectó por móvil a su ordenador y puso su modelo de IA a trabajar en la nueva imagen. Unas horas después consultó el teléfono y vio las letras griegas pi, ómicron y rho brillando ante él a través de los milenios.

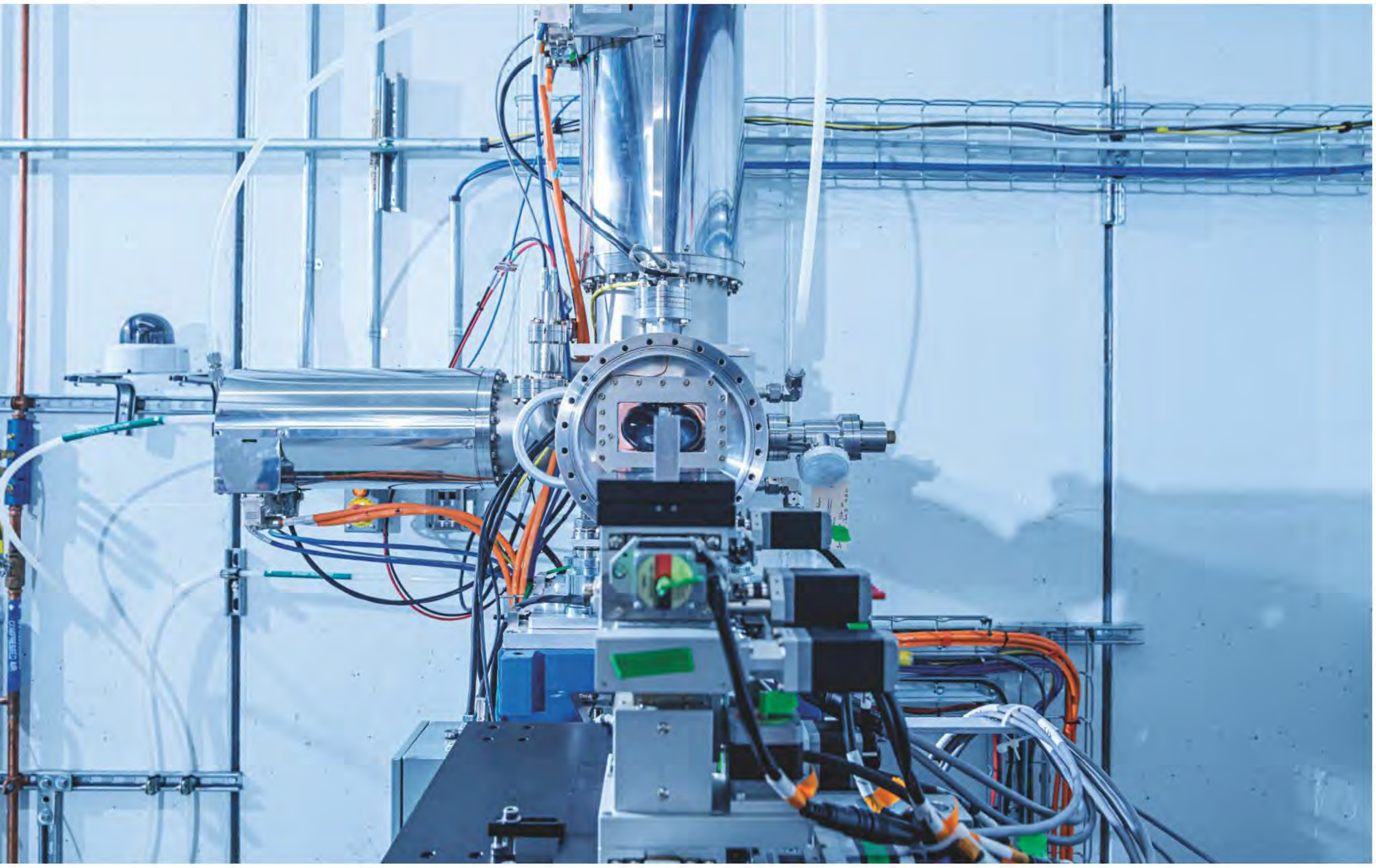
«Acababa de descubrir automáticamente tres nuevas letras escritas durante el Imperio romano, fue un momento alucinante –dice Farritor–. Se lo mandé a los organizadores. Y también a mi madre».

Las letras resultaron formar parte del vocablo griego *porphyras*, que significa «púrpura», lo que convirtió a Farritor en la primera persona en ver una palabra de aquel rollo desde que quedó enterrado bajo decenas de metros de derrubios volcánicos.

El rollo de papiro era uno de los cerca de mil recuperados en el siglo XVIII, cuando la excavación de un pozo encontró la villa bajo la actual ciudad de Ercolano. Los expertos creen probable que el tesoro fuese la biblioteca griega del poeta y filósofo epicúreo Filodemo. Pero sospechan que una parte de la villa que aún no se ha excavado podría ocultar una biblioteca latina más grande. Si el concurso demuestra que los expertos pueden leer papiros enrollados con total seguridad y facilidad, eso podría incentivar la búsqueda de más material histórico.

Semejante colección podría contener obras maestras de la historia, la filosofía y la literatura clásicas hoy perdidas. Aun en el caso de que no se descubriesen más manuscritos, «esto cambiará igualmente nuestra comprensión del mundo antiguo», dice





ESCANEADO DE PIEZAS ANTIGUAS
Los rayos X del acelerador de partículas del Laboratorio Nacional de Brookhaven, Nueva York, permiten obtener imágenes de ultra alta resolución de materiales delicados, como los papiros de Herculano.

Garrett Ryan, historiador y *podcaster* que estudia las antiguas Grecia y Roma. Pero si se localiza la biblioteca, estaremos ante «una auténtica revolución en los clásicos».

¿DE QUÉ SIRVE UNA BIBLIOTECA si no puede leerse? Los primeros intentos de abrir los frágiles rollos dañaron muchos de ellos, dejando fragmentos que los papirólogos intentan recomponer. Brent Seales, profesor de informática de la Universidad de Kentucky, fundó el Desafío Vesubio junto con los inversores tecnológicos Nat Friedman y Daniel Gross. Seales y su laboratorio publicaron un trabajo revolucionario sobre la detección de tinta y el desenrollado digital que los concursantes están usando como punto de partida. Al lanzar el concurso, han inyectado ingenio colectivo y apoyo a este tipo de investigación histórica no invasiva.

El trascendental «púrpura» de Farritor fue solo el principio. Para avanzar en su hallazgo todo lo posible, decidió colaborar con otros dos concursantes, y así ganaron el gran premio de 700.000 dólares a principios de 2024 por desvelar 15 columnas de texto del rollo: más de 2.000 caracteres. Sus resultados superaron con creces el objetivo original del desafío, que consistía en leer cuatro pasajes de 140 caracteres cada uno.

Cada uno de los tres utilizó la IA a su manera. El líder del equipo, Youssef Nader, un egipcio de 28 años que está haciendo el doctorado sobre IA y aprendizaje automático en Berlín, se centró en mejorar la detección de tinta, al igual que Farritor. Pero en vez de empezar con una inspección manual de los patrones de craquelado, entrenó su modelo con tinta hallada en fragmentos de papiros dañados. Aplicó el modelo a secciones de una tomografía computarizada que mostraba la estructura interna del rollo y que los organizadores del concurso habían obtenido colocando el papiro en el haz de

FOTO: SPENCER LOWELL

un acelerador de partículas. El proceso de Nader proporcionó representaciones más nítidas y precisas de los caracteres.

El otro integrante del equipo, Julian Schilliger, un informático de Basilea de 29 años, se centró en cómo «desenrollar» digitalmente el papiro, cuyas capas eran visibles en miles de cortes transversales del escaneado 3D. Había que identificar cada capa en los cortes transversales y «aplanarla» digitalmente, un procedimiento muy laborioso. Schilliger desarrolló un método que usaba la IA para automatizar el proceso. Creó un modelo que identificaba qué puntos del escaneado eran adyacentes en segmentos de las capas del rollo. «Caer en la cuenta de que se podía hacer automáticamente fue una revelación para todos», recuerda.

Eufóricos, los papirólogos han determinado que las columnas desveladas por el equipo forman parte de un texto filosófico sobre el placer, probablemente escrito por Filodemo. Un fragmento reza: «En cuanto a la comida, no necesariamente creemos que los alimentos escasos sean más placenteros que los abundantes».

En el segundo año del Desafío Vesubio, los organizadores definieron un nuevo objetivo: leer el 90 por ciento de cuatro rollos, frente al 5 por ciento de uno solo que pedían en 2023, y mejorar las técnicas desarrolladas en el primer año del concurso. Aumentar la automatización será crucial para leer los cerca de 300 papiros intactos, y quizá miles más. «Estoy convencido de que en el futuro escanearemos los rollos, pulsaremos un botón y el 90 por ciento de los textos aparecerán como por arte de magia», augura Seales.

Los avances logrados hasta ahora han entusiasmado a los entendidos en el mundo clásico y dejado a los expertos con ganas de saber qué más pueden decirnos estas reliquias. «Cuando nos mostraron por primera vez el texto sacado a la luz por la IA, nos quedamos boquiabiertos –recuerda Robert Fowler, presidente de la Herculaneum Society de Oxford, que apoya la conservación de la villa–. Que tengamos a nuestra disposición la capacidad de remontarnos miles de años y sumergirnos no solo en un libro, sino en una biblioteca entera [...] es conectar con la eternidad».

LEER «PÚRPURA» EN UN PAPIRO DE 2.000 AÑOS DE ANTIGÜEDAD

Los modelos de IA ideados por Nader y Luke Farritor hallaron patrones de tinta en rollos carbonizados por la erupción. Se trataba de letras griegas, entre ellas una cadena que formaba la palabra «púrpura».



FOTO: DESAFÍO VESUBIO

¿Podemos fiarnos de lo que VEMOS?

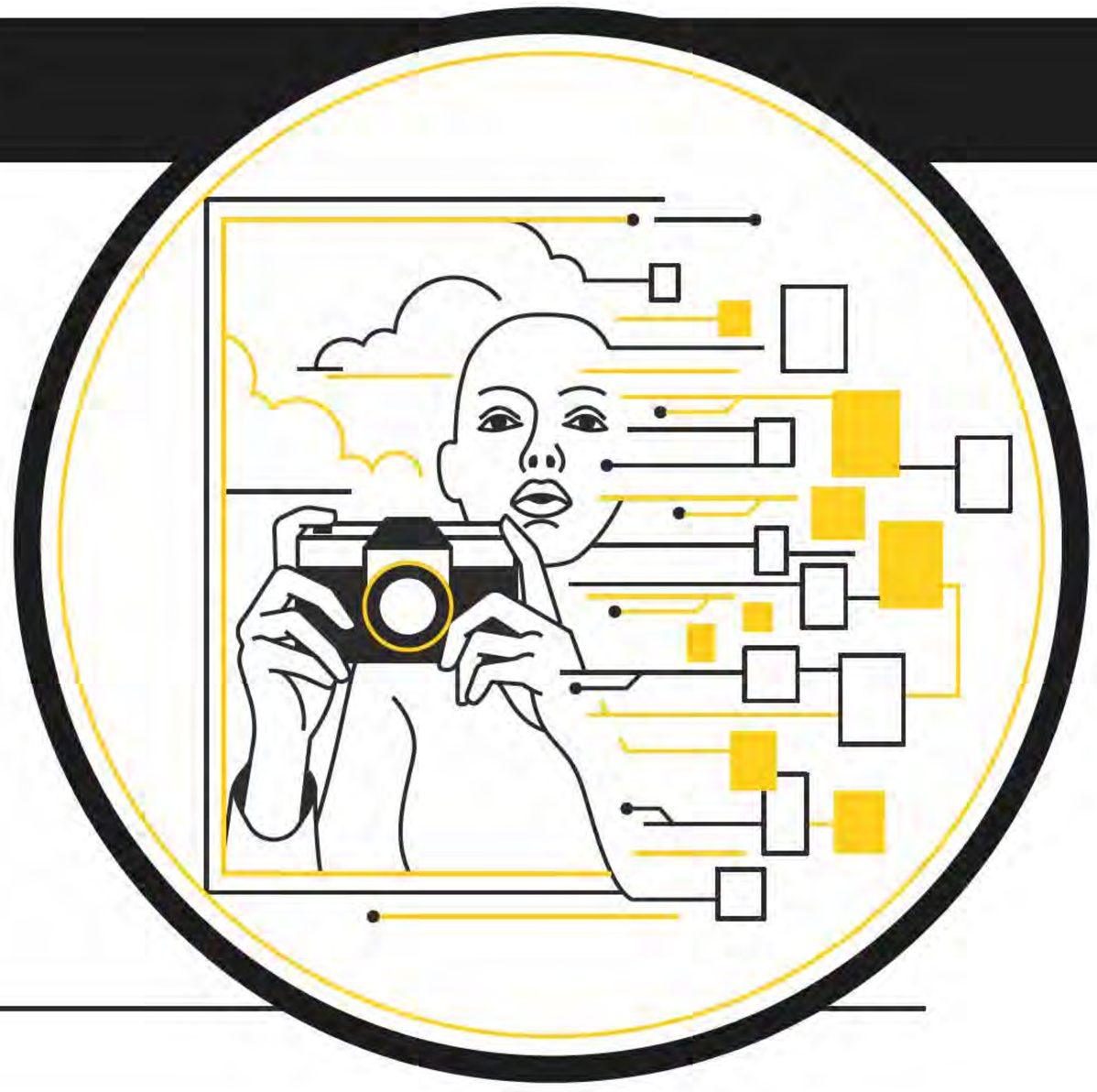


ILUSTRACIÓN: MUHAMMAD BAGUS PRASETYO

Fred Ritchin lleva cerca de medio siglo pensando en el futuro de la fotografía. Empezó a percibir cambios en este medio en 1982, cuando trabajaba de editor fotográfico en *The New York Times Magazine*; en 1984 escribió un artículo para la revista, «Los nuevos trucos de la fotografía», sobre las consecuencias de la edición digital en el fotoperiodismo contemporáneo. En el tiempo transcurrido desde entonces, ha sido testigo del salto desde los inicios de la edición fotográfica digital hasta la creación de imágenes por IA, que permite, tanto a aficionados como a profesionales, recurrir a servicios digitales para generar al instante materiales visuales realistas.

A medida que las imágenes generadas por IA ganan presencia, Ritchin considera que el público necesita dar con nuevas formas de confirmar que puede creer lo que ve. Ni que decir tiene que las imágenes generadas por IA no han surgido de la nada. Ritchin identifica un hilo conductor que conecta las conversaciones actuales sobre las buenas prácticas para la IA con los debates previos a la aparición de Photoshop, a propósito de si los periodistas debían revelar que las fotografías estaban manipuladas. En los primeros tiempos de la edición digital, *National Geographic* fue criticada por acercar digitalmente las pirámides de Gizeh en la portada de febrero de 1982. Hoy en día los fotógrafos de la *Geographic* están obligados a trabajar en formato RAW –una configuración que produce imágenes sin procesar ni comprimir– y la revista impone una estricta política contra la manipulación fotográfica.

En opinión de Ritchin, editores y fotoperiodistas deben responder a los retos de la IA estableciendo normas claras; los medios de comunicación y los fabricantes de cámaras han empezado a desarrollar opciones para incrustar automáticamente en las fotografías los metadatos y las marcas de agua criptográficas que revelen cuándo se tomó la imagen y si ha sido manipulada mediante edición digital o alterada con IA. Aunque Ritchin no aboga por rechazar del todo la IA, confía en reinventar el poder sin parangón que antaño ejerció la fotografía sobre las dimensiones personal y política de nuestra vida.

Pensemos en la foto tomada en 1972 por Nick Ut de una niña vietnamita que huía desnuda de un ataque con napalm, publicada en una época en la que una imagen podía acaparar la atención del mundo entero. «El general William Westmoreland intentó decir que había sido un accidente con una parrilla; el presidente Richard Nixon quería negarlo», dice Ritchin. Pero la foto «ayudó a que el final de la guerra estuviese más cerca [...]. Si esa foto circulase hoy, cualquiera podría pensar: "Bah, la habrá creado un niñato de 14 años en el ordenador; no pienso cambiar mi voto por esto".». —*Charley Locke*

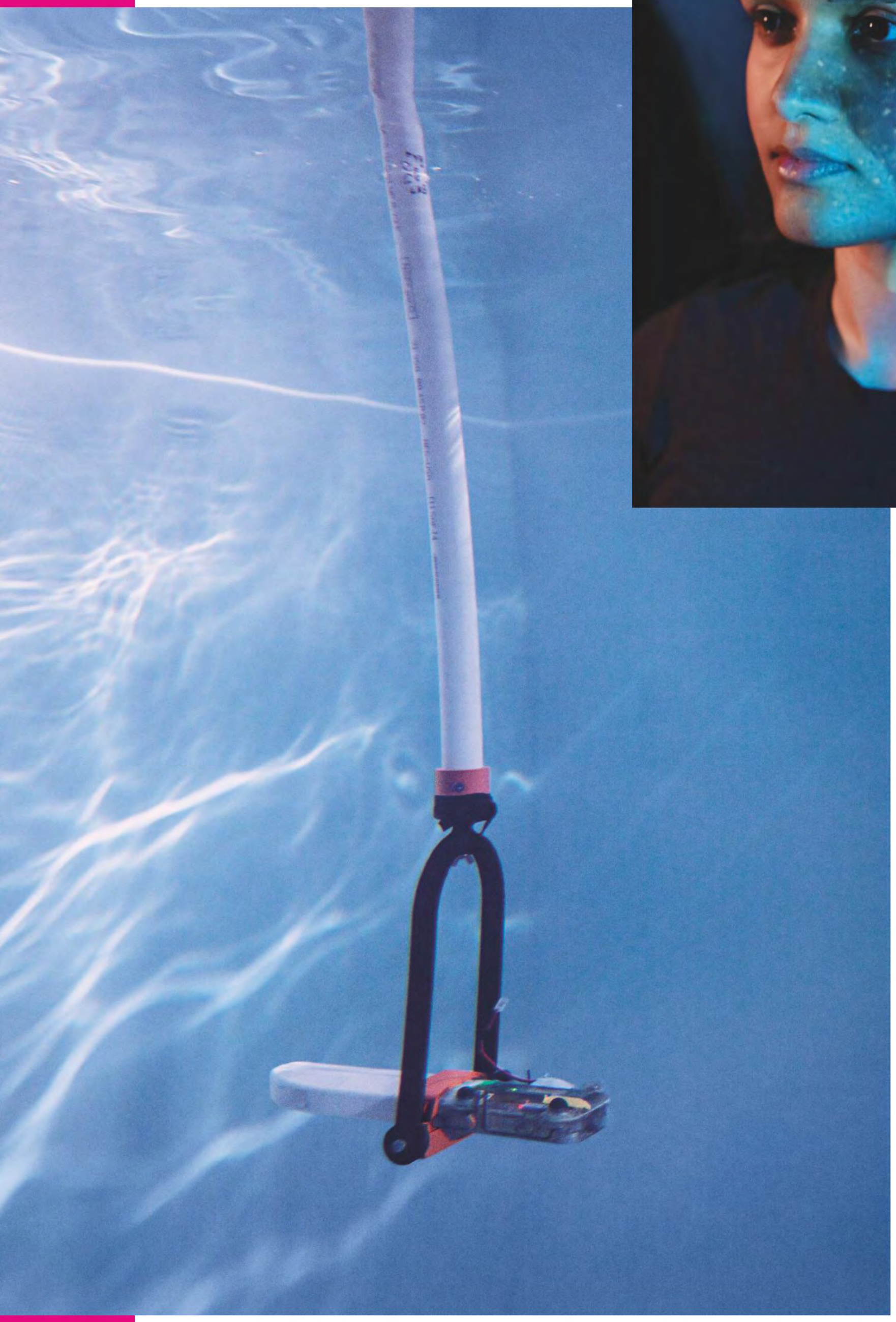
¿Qué dicen los animales? Por fin los investigadores están creando herramientas para poder entenderlos.

TEXTO DE
ANNA PEELE

CÓMO LA IA REVELA LA VIDA OCULTA DE LOS ANIMALES







LLAMADA Y RESPUESTA
Con un equipo de expertos, la doctoranda del MIT Pratyusha Sharma utilizó IA para visualizar una secuencia de llamadas entre cachalotes, revelando quizás un lenguaje complejo.

SONIDOS SUBMARINOS
Científicos de Harvard calibran las marcas acústicas que registran los chasquidos y movimientos de los cachalotes con el objetivo de que la IA encuentre patrones en su comunicación.

FOTOS: ISMAIL FERDOUS (RETRATO); SPENCER LOWELL

EN MAYO DE 2020, la estudiante de doctorado Pratyusha Sharma analizaba minuciosamente una serie de datos de cara a una reunión de su grupo de investigación en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), con la esperanza de dar con un patrón. No era un conjunto de datos cualquiera: este se resistía al descifrado. Contenía horas, recogidas a lo largo de una década, de los chasquidos chirriantes con los que se comunican los cachalotes.

Sharma forma parte del Proyecto CETI (siglas en inglés de Iniciativa de Traducción de Cetáceos), que busca comprender, en palabras del grupo, «lo que dicen los cachalotes». El objetivo es sencillo, pero complicadísimo: traducir comunicación no humana. Por eso Sharma y el resto del equipo han reclutado a un aliado no humano, un rudimentario programa de inteligencia artificial que ayuda a organizar las pistas audibles para aportar nuevas ideas.

Si los humanos llegamos a comprender lo que ocurre en el interior de la mente de los cachalotes –y, con el tiempo, de otros animales–, esto podría inspirar iniciativas de conservación más ambiciosas, confía el equipo del CETI. Tienen buenas razones para ser optimistas. En los años sesenta, por ejemplo, se descubrió que las yubartas se cantaban las unas a las otras, y aquel trabajo dio lugar a la sensacional campaña Salvemos a las Ballenas y a la Ley de Protección de los Mamíferos Marinos, de Estados Unidos. Gravemente amenazadas durante décadas, las poblaciones de yubartas y de ballenas grises empezaron a remontar.

El CETI se fundó casi por casualidad hace siete años en el Instituto Radcliffe de la Universidad Harvard. David Gruber, biólogo marino y Explorador de National Geographic, estaba en su despacho escuchando grabaciones de cachalotes cuando la informática Shafi Goldwasser pasó por el pasillo, oyó aquellos curiosos chasquidos y entró para preguntar qué eran. La respuesta le sugirió una idea: varios de sus colegas ya estaban utilizando el aprendizaje automático para mejorar las traducciones de idiomas humanos. ¿Por qué no aplicar un enfoque similar al de los cachalotes?

Un chasquido, o clic, dice Gruber, es prácticamente lo mismo que un uno y un cero: el código binario, el lenguaje informático más básico. «Si te propones analizar un canto de yubarta de 20 minutos, que es muy complejo desde el punto de vista del espectro, los clics son una excelente noticia». Un modelo de IA lo tendría fácil para procesarlos y, con un poco de suerte, analizarlos.

Gruber se puso en contacto con Shane Gero, otro Explorador de National Geographic, que había pasado 13 años estudiando cachalotes en el país caribeño de Dominica. «Él tenía la base de datos de vocalizaciones de estos cetáceos más completa», dice Gruber. Hicieron un estudio piloto para comprobar si era factible diseñar un programa de aprendizaje automático específico que detectase secuencias conocidas dentro de estas interacciones, del mismo modo que los humanos manejamos patrones conversacionales reconocibles. El resultado fue un nuevo tipo de modelo de procesamiento capaz de anticipar lo que algunos cachalotes podrían comunicar a continuación: «Acertaba el 99 por ciento de las veces al predecir el siguiente clic», afirma Gruber.

A continuación el equipo aplicó aquel modelo al estudio que Gero y su equipo tenían en marcha en Dominica, donde los científicos marcaban cachalotes y grababan sus sonidos y movimientos. Cuando las manadas emergían a la superficie, hacían un seguimiento de su conducta con drones. Enviaban los datos al laboratorio con la esperanza de asociar grupos distintivos de chasquidos llamados codas con conductas evidentes, lo cual podría demostrar que los cachalotes escuchan activamente a sus congéneres y responden con acciones.

En 2020 el grupo inicial de Gruber contaba ya con casi una veintena de científicos





GRABANDO CACHALOTES

Desde 2020 el Proyecto CETI explora el habla no humana, empezando por los cachalotes. En Dominica los investigadores usan drones para marcar a los cetáceos y captar audios que catalogan con IA.

de universidades como Harvard, el MIT, Oxford y Berkeley, expertos en diversas disciplinas. Había especialistas en aprendizaje automático, biólogos marinos, un criptógrafo y, fundamental, un lingüista. Utilizando IA, descubrieron y catalogaron miles de codas diferentes, extraídas de miles de horas de grabaciones.

Sharma se incorporó al proyecto cuando estaba en su segundo semestre de posgrado en el MIT, estudiando informática e inteligencia artificial. Y entonces tuvo una idea. Desde los inicios del proyecto, los científicos habían representado las codas como una serie de guiones que simbolizaban cuántos chasquidos por segundo emitía el cachalote. Con ayuda de sus colegas del MIT, Sharma tradujo aquellos datos de audio a un nuevo tipo de visualización: en lugar de barras sobre un eje horizontal, su sistema se parecía más a una partitura orquestal donde se plasmaban múltiples codas. Las líneas paralelas de puntos en cascada representaban las vocalizaciones en contigüidad.

Aquel enfoque revelaba sutiles diferencias en la cadencia de cada coda, variaciones en las que se ralentizaba o se aceleraba el tiempo entre chasquidos. Tomando prestado un término de la música clásica, los investigadores bautizaron aquellas variaciones del tempo como rubatos. El nuevo sistema de representación también reveló que a veces los cachalotes añadían un clic extra al final de una coda. Aquella «ornamentación», como la llamaron los investigadores, parecía entrañar algún significado.

FOTO: JAIME ROJO



COLABORACIÓN INTERDISCIPLINAR
El CETI reúne a expertos de diversas disciplinas e instituciones, como Joseph DelPreto, experto en robótica del MIT (a la izquierda), y Matthew Garcia, ingeniero de Harvard, para analizar grupos de clics de cachalotes.

Las sutiles variaciones de ritmo, tempo, ornamentación y rubatos recordaban a Sharma y sus colegas a los fonemas, los fragmentos de sonido que los humanos combinamos y recombinamos para formar palabras. Es posible que estas codas sean la base de un lenguaje complejo. La mayoría de estos matices no se podían distinguir hasta ahora.

Antes de incorporarse al CETI, Sharma se había planteado doctorarse en robótica. Nunca había estudiado zoología ni visto un cachalote. «Una de las cosas más geniales del CETI –dice uno de sus investigadores, Jacob Andreas, experto del MIT en procesamiento del lenguaje natural– fue lograr que personas que se ven a sí mismas como informáticos se implicasen en este proyecto de comprensión de la comunicación animal».

Y esta labor no se limita a los cachalotes. En todo el campo de la biología, cada vez son más los científicos e investigadores que recurren a la inteligencia artificial para que les ayude a comprender la vida interior de los animales, así como los hábitats que los sustentan: mares, bosques, incluso explotaciones comerciales. Todavía misteriosa en muchos sentidos, la IA ya permite hoy una conexión muy humana con otros seres vivos. Y, quizás, una nueva forma de pensar sobre el futuro del planeta.

FOTO: SPENCER LOWELL



SURESH NEETHIRAJAN está en la vanguardia de otro tipo de interacción animal propiciada por la informática. Profesor de informática y agricultura en la Universidad Dalhousie de Nueva Escocia, en Canadá, estudia la monitorización en tiempo real de las explotaciones agropecuarias para interpretar lo que realmente significan los distintos comportamientos de los animales.

Neethirajan, que se crio en una granja lechera del sur de la India y no come carne, empezó a estudiar la vida interior de los animales de granja –pollos, vacas, caballos, ovejas y cerdos– hace una década. Como «ingeniero agrónomo clásico con cierta formación en zoología», dice, se preguntó cómo podría utilizar la tecnología para mejorar la calidad de vida de los animales.

Empezó por acopiar datos. Monitorizó la temperatura corporal, los niveles de cortisol, las hormonas y las frecuencias respiratoria y cardíaca con biosensores, así como con análisis de sangre, de heces y de pelo. Luego emparejó los datos con secuencias de audio y vídeo y añadió el contexto; un animal recibiendo comida (positivo), por ejemplo, o sobresaltándose con un ruido alarmante (negativo). El objetivo: entender qué ocurre visualmente cuando un animal se encuentra bien o se encuentra mal.

Hace siete años comenzó a procesar sus datos con IA, incluido un modelo de aprendizaje profundo con capacidades de reconocimiento facial y análisis de la marcha de los animales. Al igual que Sharma y el equipo del MIT, Neethirajan usa herramientas de procesamiento del lenguaje natural para comprender la vocalización de los animales. Su análisis permite identificar el cacareo concreto que emiten las gallinas justo antes de salir de un habitáculo. Ahora, explica, se pueden introducir en el modelo secuencias de vídeo de las 5.000 gallinas de un gallinero y, en cuestión de minutos, identificar a las cinco aves con más probabilidades de estar enfermas.

El trabajo de Neethirajan evidencia por qué el bienestar animal es valioso incluso en un sector que no siempre prioriza el confort de su producto vivo. Identificar las enfermedades a tiempo evita tanto el sufrimiento como las pérdidas económicas. Y hay investigaciones que demuestran que un animal más feliz es un animal más productivo; las vacas que están en un entorno positivo dan mayor cantidad de leche, y de mejor calidad. Las explotaciones pecuarias pueden tomar decisiones basándose en esta información. «Son seres pensantes –dice Neethirajan de los animales–. Tienen sus propios gustos y aversiones». Descubrió que las gallinas emiten menos sonidos de malestar cuando sus habitáculos se limpian con mayor frecuencia, porque pueden respirar con más facilidad. Sabiendo esto, ¿por qué no reforzar la limpieza?

«Como seres humanos, coexistimos con el reino vegetal y el reino animal –apunta–, y nuestra población está creciendo enormemente [...]. ¿Cómo podemos convivir en paz? ¿Cómo podemos crear armonía?». Para esta nueva generación de investigadores asistidos por la IA, estas ya no son simples preguntas existenciales, y eso ha dado lugar a un experimento de mayor calado.

JÖRG MÜLLER es director de conservación del Parque Nacional del Bosque Bávaro, el parque nacional más antiguo de Alemania, y profesor de ecología forestal en la Universidad de Wurzburgo. Pero su investigación lo lleva a la otra punta del mundo, a América del Sur, donde está desarrollando un nuevo tipo de «estetoscopio» mejorado con IA para monitorizar los ecosistemas tropicales que han sido talados con fines agrícolas. Con los satélites y las técnicas de teledetección es relativamente fácil vigilar la recuperación de la cubierta forestal. Pero es mucho más difícil saber cuánto tarda en recuperarse la biodiversidad autóctona: la próspera fauniflora que habita bajo el dosel arbóreo. Müller trabaja con estadísticos, entomólogos, ornitólogos y comunidades locales de Ecuador para descubrir qué señales rastreables pueden constituir la prueba de que las iniciativas de rehabilitación están funcionando.

En 2021 Müller se puso en contacto con Zuzana Buřivalová, profesora adjunta de la Universidad de Wisconsin-Madison, a quien presenta como una «joven promesa de la ecología acústica». Sus colegas y ella habían desarrollado un método que utilizaba la bioacústica para estimar cuántas especies distintas vivían en el bosque basándose en los ruidos que emitían.

Müller y su equipo aplicaron el método de Buřivalová colocando dispositivos de grabación en decenas de ubicaciones en una franja de unos 190 kilómetros cuadrados del bosque del Chocó, en Ecuador. Y recopilaron datos durante 15 días seguidos: casi 2.000 horas de paisaje sonoro.

Las aves son uno de los mejores indicadores de la vitalidad de un ecosistema tropical; si se han recuperado, según Müller, entonces otras especies de eslabones superiores e inferiores de la cadena trófica –desde jaguares hasta insectos– también lo han hecho. Así que Müller pidió a los ornitólogos Juan Freile y Rudy Gelis que identificasen las vocalizaciones de las aves en el audio; documentaron más de 300 especies. Después insertó aquellas grabaciones en un programa de IA preexistente entrenado para reconocer 75 especies. El programa no solo las «oyó» todas: también pudo estimar sus poblaciones. Müller juzgó prometedores aquellos resultados, porque demostraban que una IA plenamente entrenada podía ser tan eficaz como los expertos humanos –y, además, mucho más rápida– y ayudar a los científicos a supervisar cómo avanzaba la recuperación forestal. Basándose en la identificación de los expertos y de la IA, Müller predice que se necesitan alrededor de 55 años para que un bosque lluvioso talado con fines agrícolas recupere su biodiversidad nativa.

El Proyecto CETI se encuentra en un punto de inflexión diferente; los investigadores todavía están acopiando información. Saben cómo se comportan y qué tipo de sonidos emiten los cachalotes cuando se comunican, pero de momento no entienden nada de lo que se transmiten.

Aunque podría haber ciertos paralelismos con la comunicación humana, esto no significa que la estructura del lenguaje de los cachalotes refleje la nuestra: nuestras necesidades ecológicas y evolutivas son muy distintas. Tal vez, explica Andreas, los cachalotes se limiten a decir algo así como: «Oye, ¿podrías moverte un poco hacia la izquierda?». Sus colegas del CETI han observado, por ejemplo, cómo un grupo de cachalotes nadaba junto a la costa de Dominica y de repente se giraban todos en bloque y se dirigían a mar abierto, incluso cuando no se veían los unos a los otros.

Sharma confía en que algún día comprendamos cómo se transmite el lenguaje de madre a cría. Los cachalotes, como los humanos, no nacen sabiendo comunicarse mediante el lenguaje, sino que lo adquieren socialmente. Andreas sueña con aprender más sobre la estructura social de las manadas, que son matrilineales. Hace unos veranos estaba con Gero observando cachalotes, cuando le señaló una pareja y dijo: «Son las dos ancianas del clan, las une una gran amistad y van siempre juntas». Andreas se pregunta si estos cetáceos tienen llamadas que hacen las veces de nombres para sus congéneres, como ocurre con los elefantes y los delfines, y si son capaces de aludir a compañeros que no están presentes.

Queda mucho por hacer y mucho por aprender.

Aunque la mayor esperanza de Gruber es que conocer más a fondo a los cachalotes se traduzca en una vida mejor para ellos, no se quita de la cabeza un momento vivido en Harvard. Alguien dijo: «Si pudiésemos traducir lo que dicen los cachalotes, podríamos utilizar este tipo de plataforma para comunicarnos con extraterrestres». No es una idea nueva: ya aparece en una vieja película de *Star Trek*.

La diferencia es que ahora la investigación está avanzando de verdad. Si la inteligencia artificial puede ayudarnos a acceder a partes del mundo natural que por ahora no comprendemos, quién sabe qué universos podría abrirnos algún día.

¿Cómo afrontar el impacto AMBIENTAL?

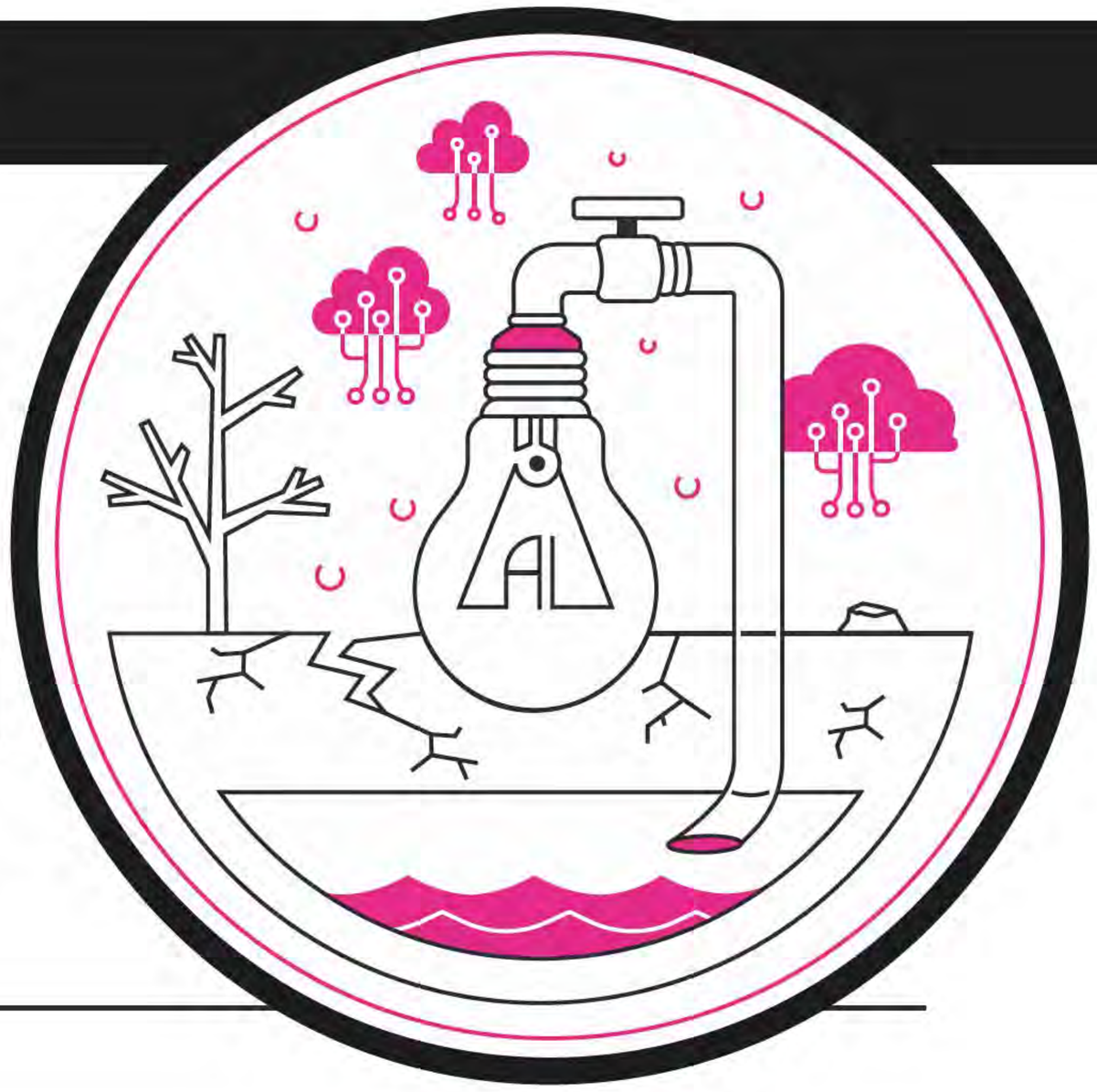


ILUSTRACIÓN: MUHAMMAD BAGUS PRASETYO

La IA tiene un problema de agua; en realidad, un problema de energía. La energía necesaria para alimentar las herramientas de IA que las personas utilizan cada vez más en su vida cotidiana personal y profesional genera una cantidad significativa de calor. Este calor se libera dentro de los centros de datos que proporcionan a los sistemas de IA el soporte computacional y el espacio de almacenamiento necesarios para que funcionen. Y, como señala Shaolei Ren, profesor asociado de ingeniería eléctrica e informática de la Universidad de California en Riverside, la refrigeración de los centros de datos requiere cantidades ingentes de agua, del orden de la que consumen decenas de miles de habitantes en las ciudades.

«El agua que usamos para ducharnos, por poner un ejemplo, se puede reutilizar -afirma Ren, que investiga cómo hacer que la IA sea más responsable desde el punto de vista social y medioambiental-. El agua que se evapora para refrigerar un centro de datos, en cambio, desaparece». Mientras los legisladores se apresuran a promulgar normativas y responsabilizar a las empresas de su consumo de energía y de agua, Ren cree que será importante que como individuos y como sociedad entendamos mejor el coste real de formular una pregunta a una aplicación como por ejemplo ChatGPT.

Ya antes del actual auge de la IA, la demanda de agua y de energía de los centros de datos crecía constantemente. En 2022, según Google, sus centros de datos utilizaron unos 19.000 millones de litros de agua, un 20 por ciento más que en 2021; en el caso de Microsoft, el incremento fue de un 34 por ciento para el mismo período.

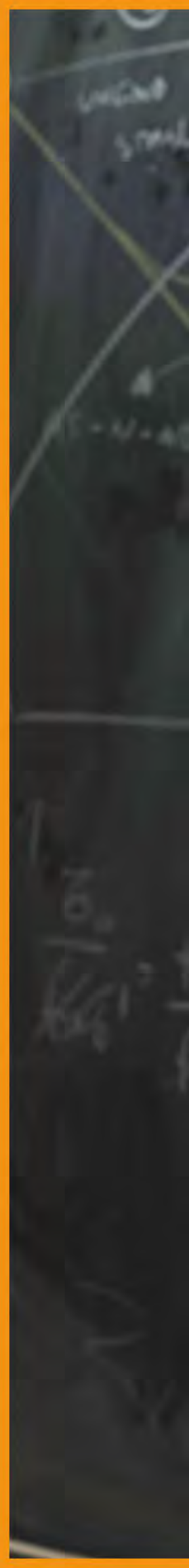
La IA no hará más que agravar la actual presión sobre los recursos que los centros de datos ejercen sobre las redes energéticas mundiales: en 2026, el consumo de electricidad de estos centros será el doble que en 2022, apunta la Agencia Internacional de la Energía. Estados Unidos apenas ha empezado a considerar los costes medioambientales de los centros de datos, pero la comisión de energía de la Unión Europea ya impulsó en marzo de 2024 una normativa destinada a aumentar la transparencia de los operadores de centros de datos y, en última instancia, a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y el despilfarro de recursos.

«Lo explico en unos términos que mi hijo pequeño puede entender -dice Ren-. Si haces una pregunta a ChatGPT-3, este utiliza la misma cantidad de energía que si tenemos la luz encendida (en nuestra casa, una bombilla led de cuatro vatios) durante una hora. Si mantienes una conversación de entre 10 y 50 preguntas y respuestas con una IA, como ChatGPT, consumirá alrededor de medio litro de agua». —*Charley Locke*

Los investigadores que cartografían el subsuelo están haciéndose una idea mucho más detallada de cómo se comportan las ondas sísmicas... y de dónde acecha el peligro.

TEXTO DE
ROBIN GEORGE ANDREWS

CÓMO LA IA AYUDARÁ A PREDECIR CATÁSTROFES NATURALES



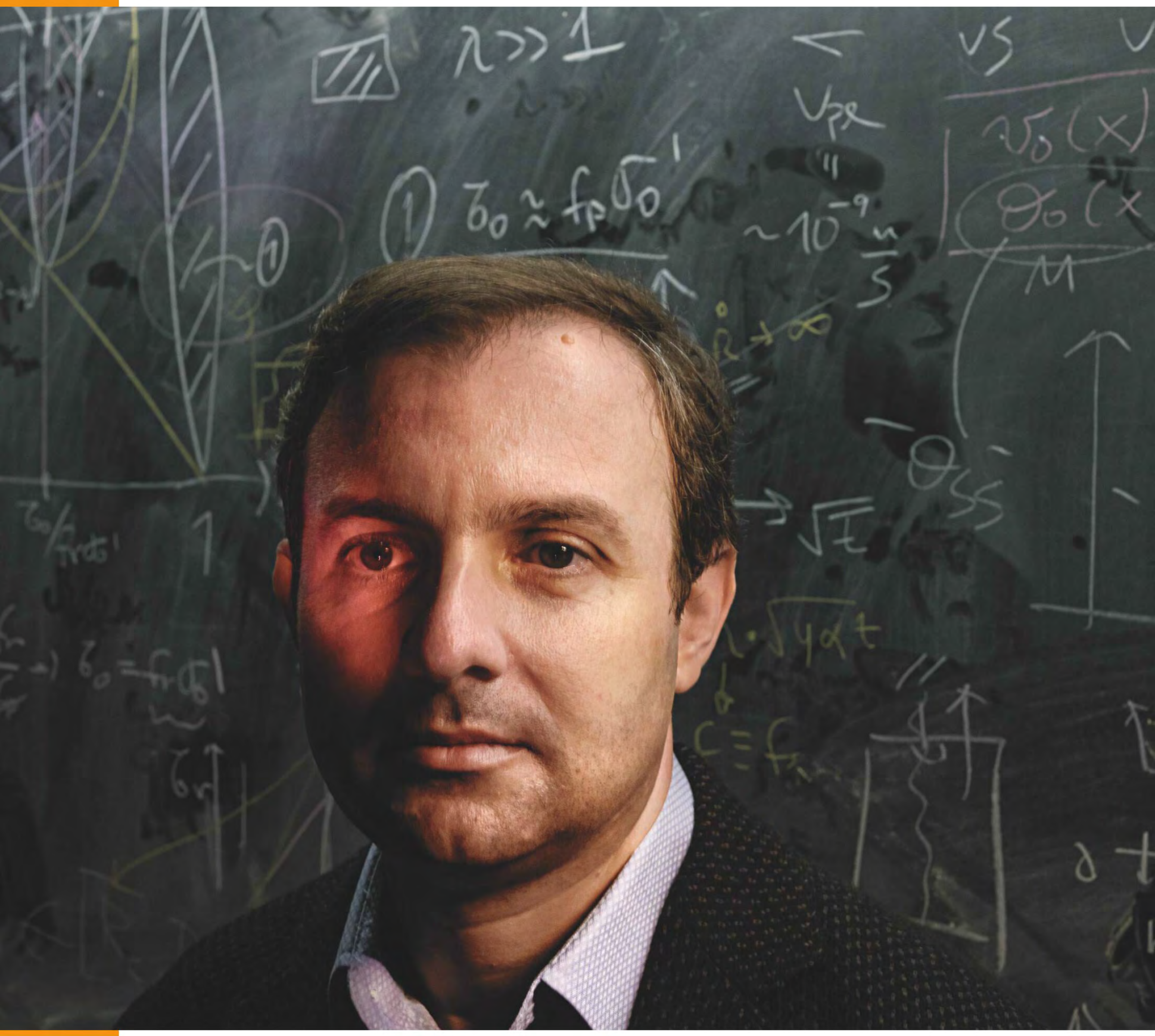


FOTO: ISMAIL FERDOUS

UN CAMBIO TRASCENDENTAL

El geofísico Zachary Ross está abriendo nuevos caminos para entender el mundo que hay bajo nuestros pies.

ENCONTRAR FALLAS
Es raro que una falla se aprecie en la superficie, como este tramo de la falla de San Andrés en el valle de Coachella, en el sur de California. La mayoría son subterráneas y difíciles de descubrir.

SPENCER LOWELL

POR DEBAJO DE California se extiende un laberinto de fallas, fracturas a lo largo de las cuales enormes bloques de roca se deslizan unos con respecto a otros. Se mueven a la misma velocidad a la que crece una uña, hasta que en algún momento se sacuden con violencia y el suelo tiembla. Es inevitable: este estado se verá sacudido por terremotos destructivos. Nada se puede hacer para evitarlo. Pero saber dónde es probable que ocurran y prever su magnitud significa que la población podrá prepararse.

En otras palabras, la mejor manera de mitigar futuras catástrofes es trazar mapas del subsuelo, cartografiando cada falla y monitorizando su comportamiento.

Para crear esos mapas, los investigadores despliegan sismómetros en la superficie terrestre, pequeños dispositivos que detectan y registran todo tipo de vibraciones, entre ellas los terremotos. Las ondas sísmicas se parecen un poco a la música. Si identifican sus notas y cambios de ritmo, los científicos pueden averiguar qué instrumentos subterráneos las crearon, dónde se encuentran y cómo se comportan cuando se produce un movimiento brusco o una ruptura.

Se trata de una labor que siempre ha sido minuciosa, a menudo lenta y a veces imprecisa. Cuando se inició en este campo a principios de la década de 2010, Zachary Ross, profesor adjunto de geofísica del Instituto Tecnológico de California, buscó una nueva forma de avanzar. Los métodos tradicionales de la sismología pasaban por alto determinados terremotos. Y tenía que haber una manera mejor de detectarlos.

«Disponíamos de cantidades inmensas de datos», apunta Ross. Dado que California es una zona con una intensa actividad geológica y se encuentra cuajada de sismómetros, había más datos de los que los expertos humanos podían manejar, explica. Además, la mayoría de los movimientos de las fallas producen unos temblores minúsculos e imperceptibles. Y las ondas sísmicas que generan son tan diminutas que hasta el sismólogo más avezado puede tener dificultades para detectarlas en los datos sísmicos, sobre todo cuando se parecen al ruido de origen artificial, como el del tráfico.

En 2017 Ross tuvo una revelación. Vio cómo los programas de aprendizaje automático manejaban enormes colecciones de





PUNTO CALIENTE SÍSMICO
Una central geotérmica enclavada junto a un tramo de la falla de San Andrés aprovecha el calor natural de la Tierra para generar electricidad. También es escenario habitual de microterremotos.

FOTO: SPENCER LOWELL

fotografías, identificando y categorizando elementos individuales con una precisión y a una velocidad que los humanos no podían igualar. ¿Por qué no aplicar un enfoque similar a la sismología?, pensó.

Su primer objetivo fueron aquellos microtemblores, tan diminutos como numerosos. Quizá resulten inofensivos, pero no por ello carecen de importancia: las ondas sísmicas que generan pueden dar información de cada falla que atraviesan, incluidas las más precarias y tensionadas, justo las que cualquier día pueden romperse y desencadenar una catástrofe.

Ross y sus colegas recopilaron sismogramas de todo el sur de California que los científicos ya habían identificado como terremotos auténticos. A partir de ellos confeccionó unas plantillas, instantáneas del patrón de ondas sísmicas de cada terremoto.

Por último, ejecutó un algoritmo sobre el registro sísmico para buscar coincidencias con aquellas plantillas y así detectar terremotos que habían pasado inadvertidos.

El algoritmo identificó rápidamente casi dos millones de pequeños seísmos producidos entre 2008 y 2017 que hasta entonces habían pasado desapercibidos, lo que a su vez arrojó luz sobre una compleja red de fallas y características de las mismas que las búsquedas sismológicas anteriores habían sido incapaces de detectar.

Los resultados, publicados en 2019, «eran tan buenos que inducían a dudar de si lo que teníamos delante era auténtico y cabal», explica Ross. «Es un trabajo espectacular –coincide la geofísica de la Universidad de Washington Marine Denolle, que también utiliza el aprendizaje automático en sus investigaciones–. El corpus de trabajo que contiene es impresionante».

Sin embargo, había un inconveniente. Aquel programa, una especie de precursor del verdadero *software* de IA, solo podía encontrar en el registro sísmico aquellos terremotos que se le había enseñado a reconocer. Los nuevos eventos sísmicos pasaban inadvertidos.

Así que Ross recurrió a herramientas más avanzadas: programas de autoaprendizaje, un *software* capaz de tomar información preexistente y hacer predicciones sobre el futuro; en este caso, sobre cómo sonaría una variedad mucho más amplia de terremotos. En un abrir y cerrar de ojos, aquellos programas identificaron todo tipo de seísmos de sonido desconocido, verificados posteriormente por científicos humanos. «Salen una barbaridad de cosas que se nos habían pasado por completo», afirma Ross.

Estos programas de aprendizaje automático continúan evolucionando, y ya han ido más allá de la identificación de seísmos desapercibidos y fallas ocultas. Se han desplegado por toda California, donde han identificado una nueva categoría de enjambres de terremotos prolongados y de migración lenta. En Hawai descubrieron una red nunca vista de roca fundida pulsante y migratoria debajo de dos volcanes activos que los métodos tradicionales de análisis sísmico eran incapaces de identificar.

«Esto está a años luz de lo que podríamos haber hecho hace unos años –asegura Ross–. Ha alcanzado niveles sobrehumanos».

Muchos sismólogos reciben hoy el trabajo de Ross con un optimismo cauto. «Creo que puede catapultar el progreso de la sismología», dice Wendy Bohon, especialista en riesgo sísmico y terremotos. La IA multiplica y acelera las capacidades de un solo científico. Puede procesar muchos registros sísmicos simultáneamente y representarlos con gran precisión en tres dimensiones a una velocidad inalcanzable para cualquier ser humano.

Conforme estos programas de aprendizaje automático trabajen con una precisión cada vez mayor, podrán ofrecer una imagen de gran parte del subsuelo poco profundo del planeta. Con el tiempo, también podrían utilizarse para incrementar la velocidad y la precisión de los sistemas de alerta temprana de terremotos, programas en gran medida autónomos que pronostican la probabilidad de que se produzcan daños materiales y personales en los momentos posteriores al inicio de un seísmo y envían a la población mensajes de texto de emergencia antes de que las ondas sísmicas los alcancen. Se sumarán a un conjunto cada vez más nutrido de herramientas de IA utilizadas para mitigar catástrofes. En Tokio, por ejemplo, ciudad propensa a sufrir terremotos, el *software* de IA escaneará las imágenes de las cámaras situadas en puntos elevados de la metrópolis para reconocer incendios y derrumbes de edificios y alertar a las autoridades en tiempo real. Estos programas ahorrarán un tiempo precioso necesario para las labores de búsqueda y rescate.

Pero los programas de IA, por muy prometedores que sean, no sustituirán a los científicos humanos. «Solo son herramientas», reflexiona Ross. Unas herramientas que, sospecha el geofísico, con el tiempo llegarán a ser tan corrientes como los propios sismómetros. □

¿Cómo evitar que la IA agrave los problemas del PASADO?

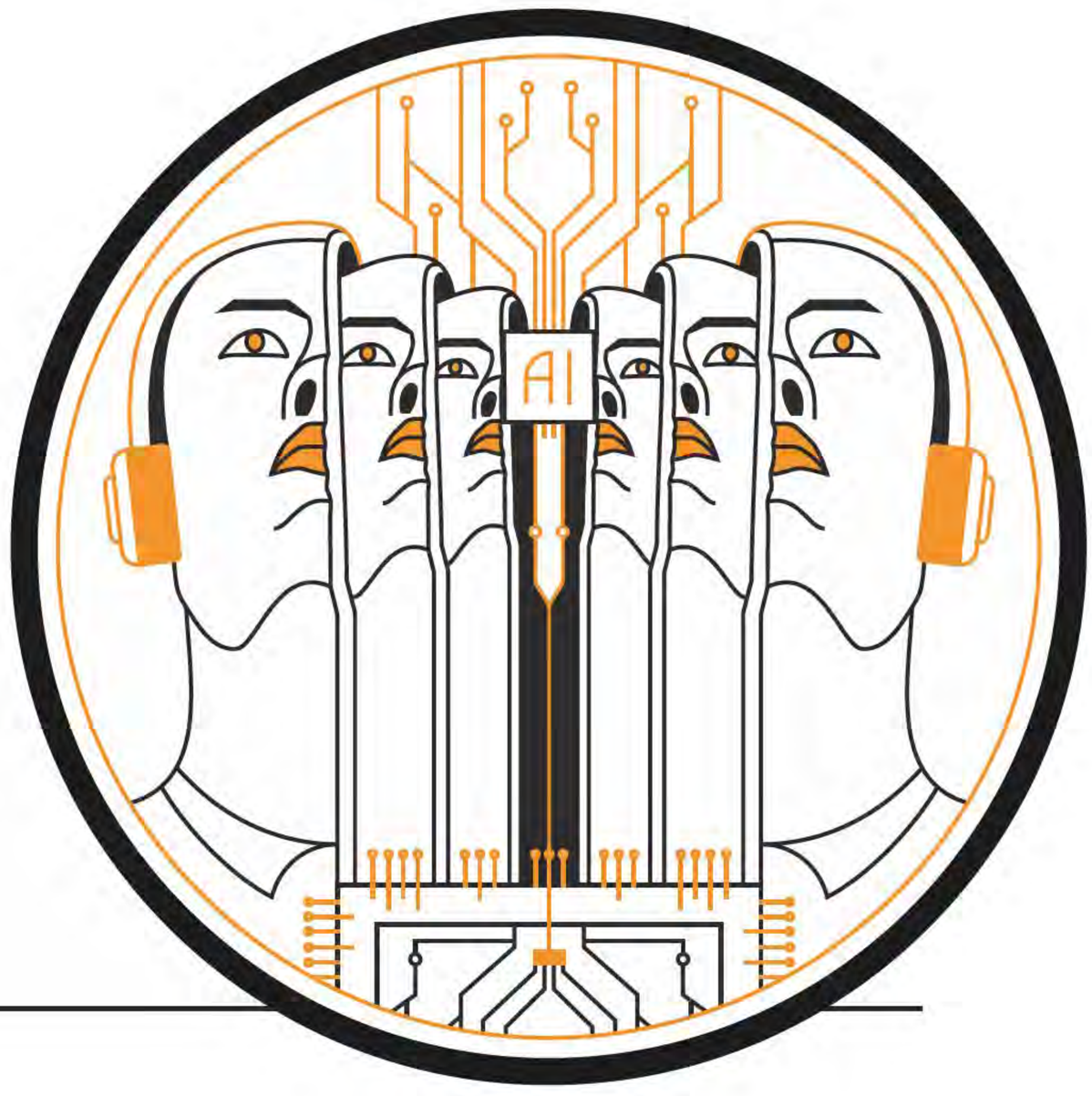


ILUSTRACIÓN: MUHAMMAD BAGUS PRASETYO

Cuando la IA absorbe todos los datos que han creado los humanos, se convierte en un espejo que refleja los estereotipos, el racismo y las desigualdades que siguen dando forma al mundo, afirma Nyalleng Moorosi, investigadora principal del Instituto de Investigación de la Inteligencia Artificial Distribuida (DAIR, por sus siglas en inglés). Estos sesgos, explica, se deben a menudo a la falta de diversidad en las plantillas laborales contratadas para construir sistemas y herramientas de IA, que se basan en conjuntos de datos que priorizan las ideas occidentales sobre lo que es y no es información valiosa.

Hoy la mayor parte de la población mundial sabe lo que es que les impongan un sistema foráneo, en parte debido a las secuelas de la colonización. Según Moorosi, la IA tiene el potencial de replicar esos sistemas, porque prioriza las perspectivas y las agendas de quienes están en el poder y margina el conocimiento y los valores culturales indígenas.

Los equipos humanos contratados por las empresas tecnológicas suelen tener prejuicios culturales –los llamados sesgos de punto ciego– que inevitablemente incorporan a sus herramientas de IA. La clave para cambiar eso, cree Moorosi, es democratizar la IA: incorporar las voces de personas que hablan cientos de lenguas y piensan de miles de maneras que divergen del pensamiento eurocéntrico. Y eso pasa por desplazar el desarrollo de la IA del ámbito de las grandes tecnológicas al nivel local, potenciando a ingenieros y desarrolladores locales para que adapten las herramientas a las necesidades y experiencias de sus comunidades. Los sistemas resultantes serían más respetuosos con los orígenes de sus creadores, considera Moorosi. La compañía sudafricana Lelapa AI, fundada en 2022, ha presentado un modelo de aprendizaje de idiomas que ya es la base de un *chatbot* y otras innovaciones destinadas a hablantes de swahili, yoruba, xhosa, hausa o zulú.

«Es imprescindible que nos interpelemos sobre la cuestión del poder. No podemos esperar que la gente de Google o de OpenAI nos entiendan a todos. No podemos pedir a Silicon Valley que represente a los 8.000 millones de humanos. Lo mejor es que cada uno de nosotros construya los sistemas localmente –dice Moorosi–. Mi sueño es que la gente tenga la oportunidad y la audacia de implementar la IA para resolver sus problemas». —*Neel Dhanesha*

LA APLICACIÓN DE LA IA EN LA ROBÓTICA

¿QUÉ NOS HACE HUMANOS?

Un sector de la robótica trabaja para humanizar cada vez más a los robots, en especial a los de la generación IA, que interpretan y evalúan un elevado volumen de datos. Este reto tecnológico requiere una reflexión sobre qué tipo de sociedad queremos.

TEXTO DE **EVA VAN DEN BERG**

CUANDO AMECA, este robot humanoide creado por Engineered Arts y equipado con IA, se dio a conocer en las redes sociales en 2021, el impacto fue tremendo. «De la noche a la mañana se convirtió en una sensación. Conseguimos 24 millones de visitas en un solo *post* de Twitter», comentó entonces Morgan Roe, director de operaciones de la compañía británica. Se trata de uno de los robots de su línea Mesmer, un sistema «para construir robots humanoides de apariencia realista, potentes, elegantes y rentables», dicen en su web. Su expresividad facial, increíblemente humana, es tan asombrosa que causa admiración y sorpresa. Pero no solo eso, muchos también lo adjetivan como siniestro, escalofriante y aterrador, en consonancia con la hipótesis del «valle inquietante», término acuñado por el japonés Masahiro Mori.

En 1970, este experto en robótica apuntó que, a pesar de que un robot con similitudes humanas empieza por generarnos una reacción emocional positiva, a medida que ese parecido aumenta, la empatía se transforma en repulsión. Precisamente por eso Ameca no está exageradamente humanizado: carece de género, su cuerpo es de plástico y metal y su cara es de color gris. El mismo enfoque han seguido en Boston Dynamics para crear al que hoy se considera el humanoide más avanzado, el nuevo Atlas, totalmente eléctrico. «No buscamos que parezca un ser humano. Como ingenieros, queremos dejar claro que se trata de una máquina», afirma David Robert, director de las áreas de diseño e ingeniería de esta empresa estadounidense.

Otros modelos de androides de la generación IA, en cambio, persiguen justamente lo contrario: parecerse todo lo posible a las personas, tanto que apenas puedan distinguirse unos de otras. Esta es la intención del ingeniero nipón Hiroshi Ishiguro, creador de Actroid y también de Geminoid, un androide avatar que es una réplica de sí mismo y al que, según dice, pronto podrá enviar a reuniones de trabajo en su lugar. En su país ya se han celebrado bodas entre humanos y robots, y en el futuro, piensa Ishiguro, conviviremos con androides con grandes dotes conversacionales capaces de cuidarnos, con los que incluso podremos establecer relaciones sentimentales. ¿Debería alegrarnos tal perspectiva? ¿Son estos ingenios la solución para una sociedad que sufre cada vez más de soledad no deseada?





AMECA
Cuando le preguntaron a este androide de Engineered Arts cuándo un robot será capaz de diseñarse a sí mismo, respondió: «Cuidado con lo que deseas. Una IA capaz de eso está a un paso de no necesitar humanos».

FOTO: ENGINEERED ARTS

Y a estas preguntas deberíamos añadir una más: ¿hasta qué punto es necesario y conveniente que los robots sociales, es decir, los que han sido diseñados para interactuar con seres humanos, tengan apariencia humana?

«Cualquier recurso que ayude al cuidado de las personas es una buena noticia, y es un hecho que los robots contribuyen a mejorar la calidad de vida de muchas de ellas», afirma la experta Patricia Ventura, autora de una tesis doctoral sobre ética, inteligencia artificial y comunicación por la Universidad Autónoma de Barcelona. Sin embargo, en su opinión las máquinas no deberían ser en ningún caso más antropomórficas de lo que requiere la tarea para la que van a emplearse. Humanizar a los robots en exceso difumina las fronteras entre lo que es humano y lo que no lo es, y necesitamos justo lo contrario, insiste. Precisamos de todo lo que nos ayude a clarificar las diferencias entre máquinas y humanos para dejar claro nuestro lugar en el mundo y dar a las máquinas el suyo. «Es decir: ayudar a que cada vez más personas tengan mayor calidad de vida, más oportunidades y, en definitiva, favorecer al conjunto de la sociedad.

Y desde luego asegurar que siempre exista quien asuma la responsabilidad por cualquier acción llevada a cabo por ese robot», concluye. El reto es lograr que el uso de estos robots no se enfoque a seguir dando cuerda a un sistema capitalista que solo piensa en abaratar costes (por ejemplo, en campos tan sensibles como el cuidado de los mayores o de convalecientes), optimizar procesos y aumentar los beneficios de unos pocos. También desde la Fundación Hermes, con sede en Madrid y dedicada a defender los derechos digitales de la ciudadanía, apuntan que la IA no debe tener forma humana: distorsionar así la realidad es peligroso.

«En algunos países, como Japón, existen los robots asistenciales desde hace muchos años, y su aspecto influye claramente en su aceptación social. En ese sentido, diseñan robots humanoides y también con apariencia animal, como la célebre foca bebé Paro, usada en terapias con personas de edad avanzada y deterioro cognitivo», explica Concha Monje, doctora en ingeniería industrial e integrante del grupo de investigación RoboticsLab de la Universidad Carlos III de Madrid. Monje participa en el desarrollo del robot humanoide Teo, concretamente en la implementación de articulaciones blandas que optimicen su operatividad. Su grupo no está centrado en la interacción social humano-robot, sino en la mejora de las capacidades asistenciales de Teo. En las relaciones entre humanos y robots, recalca, hay que tener cuidado porque «aunque cumplen una función social importante, también pueden ser un factor deshumanizante», dice. Y, ojo, porque muchos de estos androides tan modernos siguen perpetuando sesgos del pasado: en el país nipón, cuenta Monje, las «robotas» son tipo *cheerleaders*, capaces de cantar y bailar, mientras que «ellos» desarrollan tareas que requieren más destreza o inteligencia, como manipular máquinas o conducir.

La gran diferencia de estos androides equipados con IA con respecto a los de la primera generación robótica es su imprevisible capacidad de aprender por sí mismos. Estos robots llevan integrados algoritmos que les permiten procesar un enorme volumen de datos y reaccionar –es decir, tomar decisiones– en consecuencia. En la fase anterior, un robot se limitaba a realizar todas aquellas tareas para las que había sido programado. Ahora, Ameca, Atlas y otros como ellos pueden mejorar sus habilidades cada día. Es posible, por ejemplo, que les ganemos en una primera partida de ajedrez. Pero la IA pronto captará nuestras estrategias y, al cabo de un par de días, serán imbatibles. Se trata de un aprendizaje ilimitado.

Según Robert, de Boston Dynamics, los robots pertenecen a una nueva categoría ontológica: ni están vivos ni son objetos inanimados, son algo entremedio. «Justo estamos empezando a considerar qué implicaciones acarrearán sus roles en entornos sociales. Hemos aprendido que no existe una solución única para todo el mundo, pues cada cultura es diferente. Los robots que vamos a diseñar para Asia serán distintos de los que hacemos para Europa. Las tradiciones, la cultura local y las normas sociales cambian la forma en que pensamos sobre el diseño de las interacciones entre humanos y robots para que sean más apropiadas para diferentes regiones geográficas». La desconfianza que nos generan es lógica y válida, añade, pero «diseñamos robots para trabajar con las personas, no en lugar de las personas». Se trata de asegurar que las interacciones entre las comunidades humanas y los robots sean saludables y positivas. «Es como explorar un lugar diferente en el que nunca has estado. Esa es la revolución robótica y también la de la IA».

En 1920 Karel Čapek acuñó el término robot en su obra de ciencia ficción *R.U.R. (Robots Universales Rossum)*. «Los robots no se aferran a la vida. No pueden. No tienen nada a lo que aferrarse: no tienen alma ni instinto. La hierba tiene más voluntad de vivir que ellos», afirmó en su día el escritor checo. Hoy, 100 años después, aquí estamos decidiendo qué «alma» o «instinto» queremos infundirles. Un debate que nada tiene que ver con la tecnología. □

ESPECIALIZACIÓN: UN ROBOT PARA CADA TAREA









FOTOS (EN SENTIDO HORARIO, DESDE ARRIBA A LA IZQUIERDA): TESLA; BOSTON DYNAMICS; 1X TECHNOLOGIES; TIM P. WHITBY/ GETTY IMAGES

¿HASTA DÓNDE QUEREMOS LLEGAR?

En sentido horario, desde arriba a la izquierda: Optimus, el robot de Tesla que según Elon Musk hará «cualquier cosa que los humanos no quieran hacer»; el nuevo Atlas, de Boston Dynamics, cuya cabeza recuerda a la lámpara de Pixar; EVE, un robot doméstico creado por la empresa noruega 1X Technologies, capaz de cocinar y limpiar, y la hiperrealista robot artista AI-DA, de Engineered Arts, que pone en cuestión hasta qué punto debemos negar a las máquinas la creación artística.

EXPEDICIÓN AL AMAZONAS

EMBAJADORES FLUVIALES

DELFINES, SÍMBOLOS DEL AMAZONAS

Fotografías de THOMAS PESCHAK • *Texto de* JORDAN SALAMA

Espíritus metamórficos o maldición de pescadores, los delfines del Amazonas dominan el gran río y sus estuarios. Pero conforme la región se transforma, el futuro de los delfines de agua dulce más grandes del mundo se perfila incierto.

4

Un delfín del Amazonas nada por las aguas someras de un bosque inundado en el río Ariaú de Brasil. Su anatomía única permite a estos mamíferos moverse con facilidad por estas aguas. Con unas aletas dorsales estrechas, un hocico largo y unas aletas pectorales grandes y flexibles, se deslizan entre las ramas sumergidas. «Básicamente vuelan entre los árboles, siguiendo a los peces», dice el biólogo marino Fernando Trujillo.



En el sur de Colombia, los artesanos ticunas elaboran máscaras de delfín rosado con la corteza de un árbol llamado *yanchama* y bailan en torno a una hoguera entonando canciones que evocan el papel de este animal en su cosmología. Durante generaciones los delfines han ocupado un lugar fundamental en las mitologías de las comunidades indígenas de toda la Amazonia.

A ORILLAS DE LOS RÍOS DE LA CUENCA DEL AMAZONAS, LOS TICUNAS NARRAN HISTORIAS SOBRE DELFINES.

Estas criaturas de agua dulce son traviesos guardianes del reino acuático que pueden metamorfosearse en seres humanos, cubrir sus espiráculos con sombreros de copa y seducir a las mujeres para llevárselas a sus ciudades submarinas. También frecuentan los bajíos de aguas teñidas de taninos cerca de las riberas y roban peces de las redes de los pescadores.

De las ocho especies de delfines de agua dulce que existen, cuatro viven en las cuencas del Amazonas y del Orinoco. Tres se conocen como delfines rosados (áreas de distribución, mapa abajo): el delfín del Amazonas *(Inia geoffrensis)*, con dos subespecies, también llamados boto o bufeo, el delfín del Madeira *(Inia boliviensis)* y el delfín del Araguaia *(Inia araguaiensis)*. Y por último está el tucuxi *(Sotalia fluviatilis)*, un pariente de color gris y menor tamaño.

EL DOMINIO DE LOS DELFINES

En las cuencas del Amazonas y del Orinoco viven tres especies de delfines rosados, una de ellas con dos subespecies. Con las crecidas anuales de los ríos, el hábitat de estos superdepredadores se expande a los bosques recién inundados.



MAPA: SOREN WALLJASPER Y PATRICIA HEALY, NGM. FUENTES: INICIATIVA DE DELFINES DE RÍO DE SUDAMÉRICA (SARDI) & CPSG, 2023 (TAXONOMÍA); NGS; FERNANDO TRUJILLO, FUNDACIÓN OMACHA; SNAPP



Tallado por Ruperto Ahuanare León, un «retrato de familia» de un delfín del Amazonas, una mujer y el bebé de ambos representa el resultado del supuesto poder mágico del delfín para transformarse en un hombre.

Los cuatro se consideran en peligro de extinción, y en los últimos años han sufrido un drástico declive de sus respectivas poblaciones como consecuencia de la pesca, la construcción de presas y la sequía.

El emblemático delfín del Amazonas, o boto, es el más famoso, quizá por su inusual aspecto: cuerpo rosado, cabeza amelonada y hocico sonriente y dentón. Nada con agilidad entre laberintos de árboles sumergidos durante la estación húmeda de la Amazonia, cuando el nivel del agua sube hasta 12 metros, y es la especie de delfín de río más grande del mundo: algunos machos alcanzan 2,70 metros de largo y 180 kilos de peso. Para desplazarse en busca de presas se vale de la vista y la ecolocalización, aunque los bigotes del hocico también le ayudan a orientarse en espacios reducidos, sobre todo en aguas turbias.

El biólogo marino Fernando Trujillo, Explorador del Año Rolex National Geographic 2024, ha dedicado su carrera a estudiar y proteger a los delfines de río sudamericanos. Junto con las Exploradoras de National Geographic Mariana Paschoalini Frias, analista de conservación, y María Jimena Valderrama, veterinaria, Trujillo dirige expediciones en grupo para evaluar la salud de estos cetáceos y supervisar el estado de las poblaciones, que a su vez es un indicativo de la salud de los ecosistemas que habitan. Cuando las poblaciones de delfines gozan de buena salud, eso significa que los sustentan unas poblaciones sanas de peces. Si sufren, suele ser la evidencia de que en el entorno hay algún problema: altas temperaturas superficiales, nuevas presas que interrumpen sus migraciones o escorrentías de mercurio que contaminan su hábitat.

A Trujillo le gusta decir que los delfines de río son «embajadores del Amazonas». A nivel tanto local como global, este biólogo trabaja para instilar un sentido de responsabilidad colectiva para con el bienestar de estos cetáceos y su entorno. En las pequeñas comunidades pesqueras, esto también pasa por cambiar las percepciones. «Cuando integramos a los pescadores en la captura de delfines para los chequeos, la cosa cambia por completo, porque ven que los capturamos con mucho cuidado –dice Trujillo–. Se genera empatía entre los pescadores y los delfines». □



Este reportaje es fruto de la colaboración entre National Geographic Society y Rolex en el marco de la Expedición Perpetual Planet de Rolex y National Geographic al Amazonas.



Trujillo (extremo izquierda), su equipo de científicos y miembros de la comunidad someten a un delfín del Amazonas a un chequeo médico cerca de Puerto Nariño, en Colombia. Para asegurarse de que el animal permanece tranquilo, el equipo debe terminar todas las pruebas en menos de 15 minutos.



Con gran destreza, un delfín del Amazonas hurta un bagre hocicón de una red de enmalle. Robar peces de esta forma suele dañar las redes y originar conflictos con las comunidades pesqueras de toda la Amazonia. «Estamos probando un dispositivo que disuade a los delfines de acercarse a las redes de pesca -dice la analista de conservación Mariana Paschoalini Frias-. Con esto se mitigarán las capturas accesorias, los pescadores atraparán más peces y se limitarán los daños que un delfín pueda causar en sus redes».



Trujillo posa junto a un árbol cuyas ramas lucen algunos de los 67 cráneos de delfín que ha hallado a lo largo de su trabajo de campo. Cuando los bosques se inundan, los delfines nadan a la altura de estas ramas. Trujillo dona la mayoría de los ejemplares que encuentra a las colecciones nacionales de Colombia para su posterior estudio.



Los emblemáticos cuerpos rosados de los delfines pueden adquirir un vivo tono anaranjado bajo el agua cargada de taninos de la selva inundada. «Me sorprende que algunas personas sigan pensando que los delfines son peces -confiesa Trujillo-. Las burbujas demuestran que se trata de un mamífero que respira en las aguas del Amazonas».

EXPEDICIÓN AL AMAZONAS

LA DESEMBOCADURA

Fotografías de THOMAS PESCHAK ● *Texto de* ANGELO BERNARDINO

5

En el mar Caribe, a unos 1.200 kilómetros de la desembocadura del Amazonas, las esponjas barril –algunas de más de 2.000 años– prosperan en este arrecife de Tobago gracias a los nutrientes que aporta el río, cuya fuerza impulsa una pluma de agua dulce cargada de sedimentos que se adentra en el Atlántico.

LA LLEGADA DEL RÍO AL MAR

La desembocadura del Amazonas no señala el final del río más formidable del mundo, sino el comienzo de un sorprendente reino acuático.

ENLACE AL CANAL
x.com/byneontelegram
Ó escanea el código QR:
x.com/byneontelegram
byneon
Neon147

ES EL QUINTO DÍA DE LA EXPEDICIÓN DE INVESTIGACIÓN AL ARCHIPIÉLAGO DE BAILIQUE,

y nada me ha preparado para este lugar, el extremo oriental del Amazonas, donde el mayor curso fluvial del planeta desemboca en el mar.

Soy profesor universitario, ecólogo marino y ciudadano brasileño. Sé que este río vierte más agua, cuando finalmente llega al mar, que los seis siguientes ríos más grandes del mundo juntos. El Ganges, el Yangtse, el Congo, el Mississippi... Podríamos sumar el volumen de descarga de todos ellos, añadir el de otros tantos ríos igualmente famosos, y ni siquiera así igualaríamos el caudal que vierte el Amazonas.

Este viaje de febrero de 2024 es mi segunda expedición de investigación a Bailique, el archipiélago de la desembocadura del Amazonas donde confluyen el agua dulce y la salada. No es que me coja de nuevas. Pero así y todo, cuando contemplo el río desde la lancha motora que nos lleva de pueblo en pueblo, me resulta imposible concebir su magnitud. Mi colega Felipe Vieira y yo lo hablamos constantemente, gritándonos para hacernos oír por encima del rugido del motor de la lancha o sentados en la orilla tras intentar lavarnos el sudor y el calor del día en la casa donde hemos colgado las hamacas para dormir. Al igual que yo, Felipe se crio en este país, pero tan lejos de aquí que para él la Amazonia era sobre todo un relato, una causa, una parte de la historia y del imaginario de la nación.

Digo: «¿Pero cómo puede ser un río? No me entra en la cabeza que sea tan inmenso. Parece el mar».

Contesta Felipe: «El horizonte, cuando miro al otro lado, es solamente agua encontrándose con el cielo».

Esta no es la Amazonia que la mayoría de la gente –brasileños, extranjeros, casi todo el mundo salvo quienes viven aquí– imagina en su mente cuando la evoca. Para empezar, por los colores: la superficie del agua presenta extrañas franjas contrastadas, separadas con precisión, de color azul grisáceo o marrón, que se arremolinan como pintura sin mezclar o se extienden en paralelo, con rayas tan rectas que parecen trazadas con regla. El azul grisáceo corresponde al agua salada del océano. El marrón delata la presencia de agua de río, oscurecida por los sedimentos naturales acarreados a lo largo de los más de 1.600 kilómetros de ancho de la cuenca amazónica, desde los riachuelos de los bosques nubosos andinos hasta los afluentes crecidos de las llanuras de la cuenca media.

Restos de plantas. Despojos de animales. Fragmentos de roca. Es un agua fluvial tan cargada y tan abundante que, para cuando baña las islas de Bailique en su avance hacia el mar abierto, se resiste a mezclarse con el agua salada para crear el habitual estuario salobre. En vez de eso, el agua

dulce del Amazonas se adentra directamente en el Atlántico, prácticamente intacta, un río que discurre dentro del mismo océano. Se dirige hacia el norte, guiado por las corrientes de marea, pasando por Guyana.

Es la pluma fluvial del Amazonas, en terminología oceanográfica, o «la pluma» a secas.

La pluma avanza a toda velocidad, agua de río y sedimentos cohesionados por su propia masa y propulsión, hasta el mismísimo mar Caribe.

Todas las mañanas Felipe y yo emprendemos nuestras exploraciones navegando por la pluma; entrando y saliendo de ella, para ser exactos. Nuestro experto barquero bailiqueño, Chico da Silva, maniobra por sus singulares franjas de color. A menudo su modesta lancha da unas sacudidas tan violentas en las turbulencias que nos agarramos a la borda para no caernos. Los cuestionarios de nuestros portafolios están plastificados para protegerlos de las salpicaduras y de la humedad; también suele haber lluvias torrenciales que empiezan de golpe y cesan con idéntica brusquedad. Los isleños viven en unas 50 poblaciones dispersas, de manera que cuando Chico nos deja en un nuevo muelle, subimos los escalones de madera cubiertos de barro hasta los malecones que hacen las veces de calle y de acera, y buscamos a un líder local.

Y empezamos: «*Bom-dia, senhor*. Somos de la Universidad Federal de Espíritu Santo y formamos parte de un proyecto que investiga los ecosistemas del Amazonas. ¿Le parece bien que hagamos algunas preguntas a sus vecinos?».

Obtenemos el visto bueno y enfilamos el malecón con nuestros portafolios. Nos dirigimos a los vecinos, que descansan en los porches tomando el aire, húmedo y caluroso: «Señor, señora, ¿le gustaría formar parte de un estudio?». Alguno declina la propuesta: está muy ocupado y no le interesa. Pero la mayoría nos hace señas para que nos acerquemos, recelosos pero curiosos. Nos sentamos en los umbrales de las puertas o en sillas de plástico. Las preguntas están redactadas de forma sencilla: «¿Cuánto hace que vive aquí?», «¿Cómo se beneficia del río, del mar, del bosque?». Pero algunas tienen enjundia: «Dígame qué le preocupa», «Dígame qué está cambiando». Por la noche, cuando estoy en mi hamaca, sigo viéndolos: los pescadores, los productores de asaí, las mujeres con niños pequeños a ambos lados. Sus historias me quitan el sueño.

●

EL RÍO, NOS CUENTA LA GENTE, ya no es lo que era. Se ha vuelto malvado. Arranca tierra de las orillas. Aquí las casas están construidas pensando en la subida del nivel del agua, como las del bosque inundable, pero ni los pilotes ni las plantas bajas elevadas son suficiente cuando esta se lleva el suelo que hay debajo. La casa que Felipe y yo alquilamos en Vila Progresso, el pueblo más grande del archipiélago, tiene el porche trasero a 50 metros de la orilla. Hace una década, nos cuentan, desde ahí se veía otra hilera de casas entre la nuestra y el río. Todas se derrumbaron. *Terra caída*, dicen los bailiqueños.

La joven madre con la que hablé ayer sabe que la casa ribereña de su familia está condenada. Ella trabaja en Bailique, ayudando a gestionar una cooperativa de pescadores, pero su marido se ha llevado a los niños a la concurrida Macapá –la ciudad más cercana, a 12 horas en bote río arriba–, donde la escolarización es más fiable. En las islas hay varias escuelas, pero asistir a ellas se ha convertido en un deporte de riesgo. La erosión de las márgenes está socavando los terrenos en los que se asienta el único colegio que ofrece educación infantil, primaria y secundaria, precisamente aquí, en Vila Progresso. Y como el río es la única carretera que existe, las lanchas motoras ya no pueden recoger y dejar a los alumnos cuando una crecida destroza un muelle o un canal de acceso se llena de cieno arrastrado por el río. Aunque los niños consigan llegar al centro, algunos días solo hay dos horas de clase.

La *terra caída* no es la única catástrofe a cámara lenta de la que oímos hablar una y otra vez. El agua dulce canalizada desde el río, tradicionalmente captada para abastecer las necesidades domésticas de los bailiqueños, ahora es salada buena parte del año. A veces la salinidad no es muy alta, pero lo bastante como para que el agua no sea apta para beber, cocinar ni lavar.

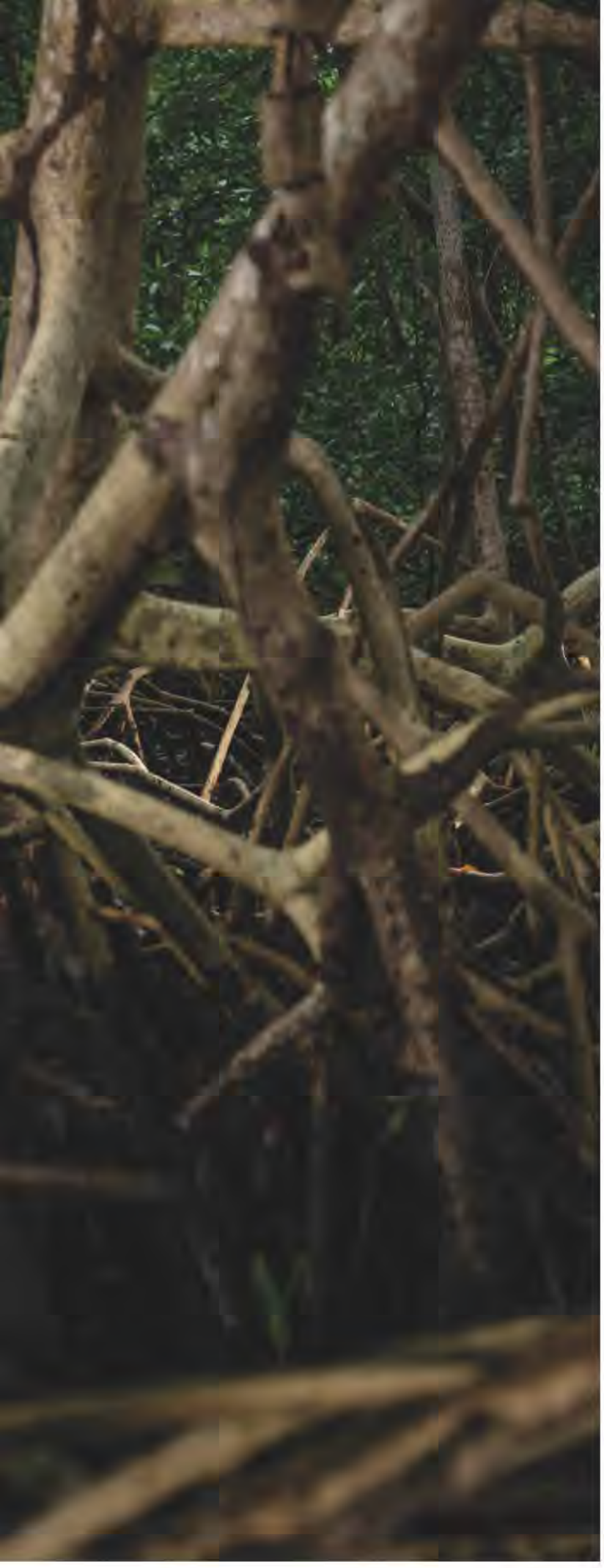
Este reportaje es fruto de la colaboración entre National Geographic Society y Rolex en el marco de la Expedición Perpetual Planet de Rolex y National Geographic al Amazonas.



Piénsalo, nos decimos Felipe y yo. Vivir aquí, en medio del río más grande del mundo, y verse obligados a comprar agua embotellada a un barco de reparto o a una tienda del pueblo.

La salinización trastorna la vida laboral de muchos lugareños. Nos lo recuerdan en cada conversación. Los productores de asaí temen por las pequeñas arboledas que gestionan y por las que trepan para recoger las bayas. Si el suelo es más salino, ¿se dañarán las raíces?, quieren saber. ¿Cambiará la cosecha? Las familias de pescadores están viendo cómo las especies de agua dulce de las que dependen –los peces del *mato*, de la selva– se reducen o desaparecen durante los meses salados. Un pescador de segunda generación contó a Felipe que ha aprendido a distinguir a simple vista si la salinidad es elevada: el agua adquiere un brillo distinto.

Bailique recibe noticias constantemente de fuera. Los paneles solares y el acceso a internet están proliferando, y hay habitaciones en las que el principal mueble es un televisor panorámico. Las explicaciones que nos da la gente al describir lo que les está ocurriendo coinciden en esencia con nuestras convicciones científicas. En parte es *mudança do clima*, dicen: cambio climático. Conforme el nivel del mar sube en todas partes, se hacen más habituales los cambios estacionales violentos; aquí el río crece muchos metros y baja abruptamente en los meses de lluvias, agitando el agua y arrastrando la tierra. Otros meses traen consigo sequías terribles –la del año pasado, sufrida en toda la Amazonia, fue la peor desde que hay registros– que debilitan el empuje del agua dulce hacia el océano, facilitando así la infiltración de agua salada.



El ecólogo marino Angelo Bernardino posa sobre una maraña de mangles en una isla de la desembocadura del Amazonas. Junto con colegas de todo el mundo, estudia estos árboles resistentes, cruciales para almacenar carbono y sustentar la fauna costera.

El aumento de la intervención humana también está causando problemas. Las presas hidroeléctricas construidas en las últimas décadas en un río continental al norte de Bailique han alterado la hidrología de la región y de los afluentes que solían unirse al caudal principal en la desembocadura del Amazonas. Y aunque esta región saturada de agua no es ideal para los ganaderos que han deforestado otras partes de la Amazonia, resulta ser estupenda para los búfalos de agua, que algunos granjeros de los alrededores de Bailique han empezado a criar por su carne.

Así pues, a medida que las presas alteran las corrientes y los búfalos pisotean los lechos de los arroyos, un equilibrio ecológico inmemorial –río frente a océano, agua salada frente a agua dulce– se ve alterado aquí en Bailique. Cuando sube la marea vemos cómo se resquebrajan partes de la ribera, y yo voy de una entrevista angustiosa a la siguiente, pensando: es como una ventana al futuro del planeta. ¡No! Al presente del planeta. La subida del nivel del mar ya ha provocado crisis de erosión y salinización en comunidades costeras de todo el mundo, y Felipe y yo vemos cómo los bailiqueños intentan, como tantos otros, adaptarse con lo que tienen a mano. Construyen depósitos para almacenar el agua de lluvia en sus patios traseros. Abandonan las casas resquebrajadas de la ribera y se mudan tierra adentro; esto es algo que me atormenta, familias viendo cómo el río se traga unas casas en las que han vivido más de medio siglo. En muchos casos, el río se llevará también la siguiente vivienda. Conocemos familias que se han mudado seis veces.

Hay quienes se dan por vencidos, como el hombre que nos alquila su casa vacía, y cargan todas sus pertenencias en un ferri rumbo a Macapá. *Mudou a água, mudou a vida*, me dijo esta mañana un pescador resignado, recordando a amigos y vecinos que se han marchado: cambió el agua, y con ella la vida.

•

PERO HE DESCUBIERTO ALGO más sobre este lugar, algo oculto en el terreno agreste de Bailique. Quizá «disfrazado» sea un término más adecuado, y es que en mi expedición inicial en 2022 me quedé perplejo al no ver ni rastro de la vegetación que esperaba encontrar tapizando el litoral de las islas: los mangles.

Formo parte de un equipo internacional de científicos que estudia los beneficios ecológicos de los mangles, esas densas marañas de ramas y troncos arqueados que crecen en las cálidas aguas mareales y su entorno inmediato. Con «mangle» denotamos colectivamente determinados tipos de árboles que tienen en común la capacidad de tolerar estas condiciones salinas tropicales, y en los últimos años hemos descubierto hasta qué punto son imprescindibles para un planeta que se calienta.

Allí donde el Amazonas se encuentra con el Atlántico, las mareas pueden ser formidables. Cuando sube la marea, este canal que atraviesa la Estación Ecológica Maracá-Jipioca de Brasil puede elevarse diez metros y generar unas olas enormes. Los lugareños lo llaman Igarapé do Inferno, o arroyo del infierno.

LA PLUMA

El río Amazonas no termina en su desembocadura, sino que se transforma en una inmensa y fluctuante pluma de agua dulce que se extiende sobre los arrecifes costeros y se adentra en el Atlántico hasta llegar a latitudes tan al norte como el mar Caribe, cubriendo una extensión de hasta 1,6 millones de kilómetros cuadrados.

VISIBLE DESDE EL ESPACIO

Vista desde el cielo, la pluma es de color verde jade por efecto de su composición; sedimentos, materia orgánica y clorofila a, el principal pigmento fotosintético del fitoplancton, que contribuye al secuestro de carbono.

Concentración de clorofila a
julio 2022

30
mg/m³
0,03

100 km

OCÉANO ATLÁNTICO

Anguila
San Martín
Barbuda
Antigua
Guadalupe
Dominica
Martinica
Santa Lucía
San Vicente
Barbados
Granada
Pequeñas Antillas
Mar Caribe
Tobago
Trinidad
VENEZUELA
Delta del Orinoco
Orinoco
Meseta submarina de Guayana
Plataforma continental
GUYANA
SUR.
GUAYANA FRANCESA (FR.)
Sistema de arrecifes del Amazonas
I. Maracá
Archipiélago de Bailique
Vila Progresso
Macapá
Desembocadura del Amazonas
ECUADOR
Isla Marajó
Manglares
Belém
Negro
Amazonas (Solimões)
Manaos
Óbidos
Amazonas
Santarém
Tapajós
Xingu
Tocantins
BRASIL

Dulce hallazgo
En la desembocadura del río alrededor de Bailique, los científicos descubrieron algo inusitado en una zona costera: mangles que crecen en agua dulce.

CAMBIOS ESTACIONALES

El alcance de la pluma varía con los vientos y el caudal del río. Fluye hacia el noroeste en dirección al Caribe antes de virar hacia el este. La descarga de agua dulce crea una capa superficial de menor salinidad que interactúa con las corrientes oceánicas subyacentes.

Mayo: extension máxima



Diciembre: extensión mínima



La arquitectura leñosa subacuática de estos árboles conforma un hábitat seguro para la fauna marina de la que dependen las sociedades pesqueras. Y en tierra, su resistente entramado de raíces contribuye a evitar la erosión. Los mangles hacen gala de una eficacia excepcional a la hora de capturar carbono: el sedimento fangoso que yace bajo sus raíces llega a sumir –es decir, mantener fuera de la atmósfera– hasta 10 veces más carbono que otros tipos de árboles tropicales.

Pero hoy los mangles están desapareciendo de muchos entornos en los que siempre habían prosperado –Indonesia y Filipinas, por ejemplo–, talados para hacer sitio a criaderos de camarones y otras instalaciones. En Brasil existen leyes para la protección de los manglares, pero para hacerlas cumplir el Gobierno necesita saber su ubicación exacta, y este es precisamente el motivo por el que nuestro equipo (que incluye a Margaret Owuor y Thiago Sanna Freire Silva, también Exploradores de National Geographic) llevó a cabo esa primera exploración de Bailique. Sabíamos que nadie había estudiado formalmente la vegetación de las islas de la desembocadura. Recuerdo nuestra embarcación avanzando lentamente por los diferentes canales del archipiélago, acercándonos a una orilla tras otra, y... nada.

Ni un mangle. ¿Dónde estaban? Veíamos altas palmas asaí, bambúes y cocoteros. Empezamos a desembarcar para investigar, cada vez más perplejos. Al final nos internamos en una hermosa e imponente maraña de maleza selvática, miramos hacia arriba y a nuestro alrededor y, BINGO: mangles. Pero crecían de una forma que a todos nos resultaba inverosímil. Estaban un poco tierra adentro, dispersos entre árboles de agua dulce, entrelazados con ellos y compartiendo suelo. Como ecólogo marino, doy mi palabra de que aquello era imposible.

O eso creíamos. La Amazonia no se parece a ningún otro lugar de la Tierra, y la desembocadura del río no se parece a ningún otro lugar de la Amazonia. Lo que encontramos allí quizá sea un tipo de bosque sin parangón desde el punto de vista ecológico, con mangles de 40 metros, de los más grandes que he visto jamás, creciendo en un suelo que en teoría no es lo bastante salino como para sustentarlos. Otro fenómeno asombroso de Bailique, como la pluma. Chico nos llevó hasta allí en la lancha para que pudiese mostrar los mangles intrusos a Felipe, quien en 2022 todavía no formaba parte del equipo.

Tardó un minuto, echando la cabeza atrás y entrecerrando los ojos, en darse cuenta de lo que estaba viendo. *«Nossa»*, dijo. Increíble.

Resultó que todo el archipiélago estaba salpicado de arboledas tan insólitas como aquella, lo que significa que los mapas actualizados han pasado a incluir cientos de hectáreas de manglares recién identificados y susceptibles de protección. Algunos de los mangles son tan enormes, y probablemente tan viejos, que es posible que los suelos bajo los que se encuentran sean sumideros de carbono muy profundos: «un valor sin precedentes para la mitigación climática», escribimos en el primer artículo científico publicado después de esa visita inicial.

De momento son noticias alentadoras. Y Felipe y yo estamos descubriendo que los lugareños no son conscientes de vivir entre mangles. Tienen otros nombres para referirse a los árboles que reconoció nuestro equipo; los beneficiosos manglares de los que oyen hablar son esos bosques lejanos que hay a lo largo de la costa atlántica, dicen. Cuando en la encuesta les preguntamos cómo se benefician de la naturaleza y mencionamos los manglares, su respuesta es invariable: «Aquí no tenemos de eso».

CABE RECORDAR QUE EL AGUA Y EL TIEMPO ATMOSFÉRICO SIEMPRE HAN SIDO DISRUPTORES NATURALES EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO.

MAPA: ROSEMARY P. WARDLEY, PATRICIA HEALY Y ANNIKA HOERNER, NGM. FUENTES: AJIT SUBRAMANIAM, OBSERVATORIO TERRESTRE LAMONT DOHERTY DE LA UNIVERSIDAD COLUMBIA; PATRICIA L. YAGER, UNIVERSIDAD DE GEORGIA; ANGELO BERNARDINO, UNIVERSIDAD FEDERAL DE ESPÍRITU SANTO; PROYECTO OCEAN COLOUR DE LA INICIATIVA SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA ESA (DATOS GLOBALES DE CLOROFILA A, V. 6); UNEP-WCMC

Un jaguar descansa sobre un laberinto de raíces de mangle en la Estación Ecológica Maracá-Jipioca, que abarca tres islas al norte de la desembocadura del Amazonas y forma parte de un corredor de biodiversidad diseñado para conservar la fauna costera. Los jaguares medran en la zona, aun cuando la deforestación reduce su hábitat en otras partes de la Amazonia.

¿Qué cambiará cuando comprendan que sí los tienen, y a la puerta de su casa? Imposible saberlo. Ahora mismo nuestra labor es simplemente escuchar y aprender. Y lo que estamos oyendo, además de preocupación, es resiliencia. Me gusta imaginar un futuro en el que los mangles ayuden a Bailique a adaptarse: los bosques, ahora ya recalificados como manglares, atrayendo nuevos recursos públicos, o figurando en algún futuro acuerdo brasileño de intercambio de carbono. Estos árboles protectores se extenderán conforme las turbulentas fuerzas del agua sigan reordenando el suelo de la desembocadura; con el tiempo, crecerán dentro de los pueblos y a su alrededor, o eso preveo. En otras palabras, allí donde se asienten, habrá más raíces para poner coto a la erosión. Y más criaderos subacuáticos para los cangrejos y los peces.

Cuando expreso mi confianza en que los investigadores podremos ofrecer información y apoyo a medida que los habitantes del archipiélago aprendan a aprovechar la presencia de los mangles, quiero dejar clara una cosa: aquí no hay panaceas frente a la complejidad de los problemas que afronta la región. La disrupción acelerada por los humanos constituye la amenaza más urgente, no solo en Bailique, sino en toda la Amazonia y más allá. Sin embargo, cabe recordar que el agua y el tiempo atmosférico siempre han sido disruptores naturales en la desembocadura del río, esta gigantesca interfase entre la Amazonia y el Atlántico, y que las personas más sabias de las islas lo saben bien. Un día estábamos Felipe y yo en la lancha de Chico, adentrándonos en un canal de camino al siguiente pueblo, cuando de repente la barca se frenó. Chico suspiró.



Abajo: En la desembocadura del río, los mangles forman criaderos que protegen la fauna marina, como los cangrejos capturados por este pescador. *Izquierda:* Las garcetas se acercan a los barcos de pesca en Belém, la macrociudad portuaria fluvial brasileña. La mayoría de los habitantes de la Amazonia viven hoy en áreas urbanas de rápido crecimiento como Belém, hogar de casi dos millones y medio de personas.



Ni siquiera parecía sorprendido. Luego saltó por la borda, caminó hasta la popa y se dispuso a empujar.

Felipe y yo: «¿Pero qué pasa?».

Chico: «Se me pasó la hora».

Por muy poco, añadió. Ahora este canal se llena y se vacía tan rápido que si la lancha no se adentra en el intervalo preciso, se encalla en la hierba acuática. Conocía las horas exactas gracias a lo que los lugareños llaman la radio de los pescadores, el diálogo cotidiano entre los barqueros de Bailique, por lo general una conversación a voces, de un barco a otro, por encima de la pluma.

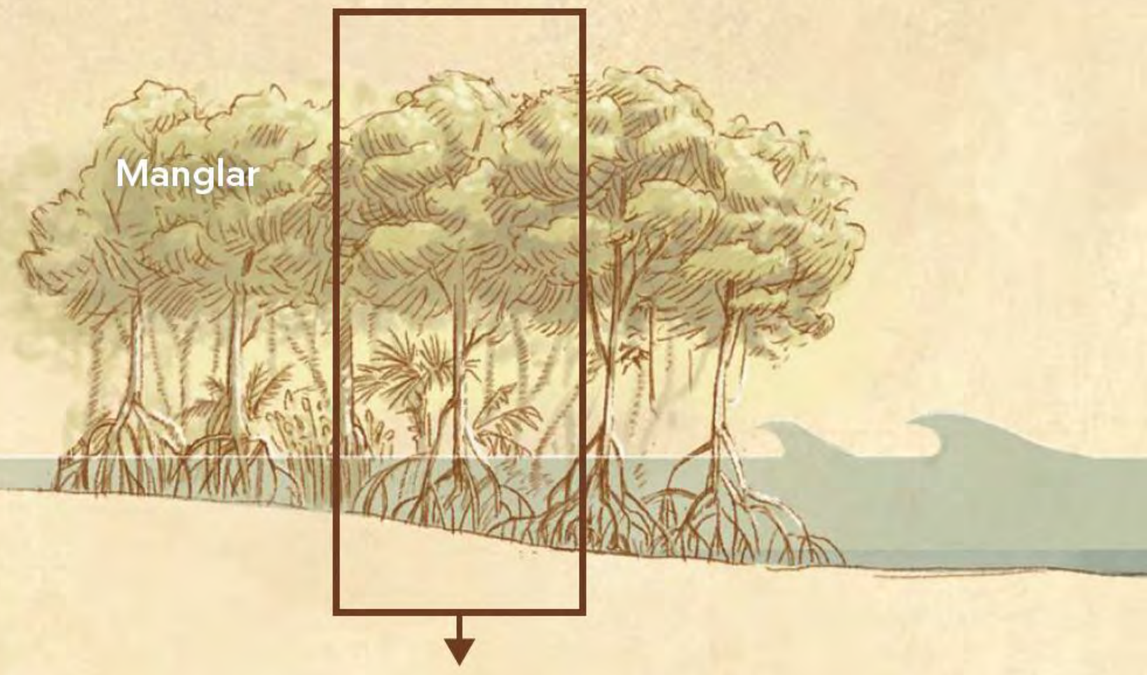
Pero se había equivocado de hora. O también podía ser que el Amazonas hubiese echado por tierra las predicciones, demostrando que, incluso en aquel estrecho paso entre islas, es el río más formidable del mundo. Felipe y yo también saltamos por la borda para vadear una aguas calientes que nos llegaban por los tobillos. *Mudou a água, mudou a vida*, pensé, y Chico nos hizo un gesto con la cabeza: seguid empujando.

—EN CONVERSACIÓN CON CYNTHIA GORNEY

AMAZONAS OCEÁNICO

Cuando el Amazonas desemboca en el Atlántico a través de su estuario en la costa brasileña, crea una pluma de agua dulce que se adentra varios kilómetros en el océano salado. En esta zona de transición prosperan dos hábitats únicos: manglares de agua dulce y un gran sistema de arrecifes.

Flujo de agua dulce
En la estación lluviosa, cuando la pluma está en su momento de máxima descarga, los niveles de salinidad son tan bajos que el agua es potable.



Mangle rojo
Rhizophora mangle

Semilla germinada

Helecho
Acrostichum aureum

Reproducción
Las semillas de mangle germinan adheridas a los árboles y luego viajan con las corrientes hasta que enraízan.

BOSQUE DIVERSO
Estas zonas comprenden una mezcla de mangles halófilos y especies de humedal de agua dulce.

Corocoro rojo
Eudocimus ruber

Guardianes de la costa
Los inmensos entramados de raíces dan a los árboles estabilidad para resistir las mareas, palían la erosión costera y protegen los criaderos de peces.

Semilla germinada

Pez globo amazónico listado
Colomesus psittacus

Plástico

Filtro natural
Los mangles contrarrestan la erosión frenando las corrientes y atrapando en el suelo las partículas de sedimentos y los contaminantes.

Metales pesados

Pez gato de mar
Sciades herzbergii



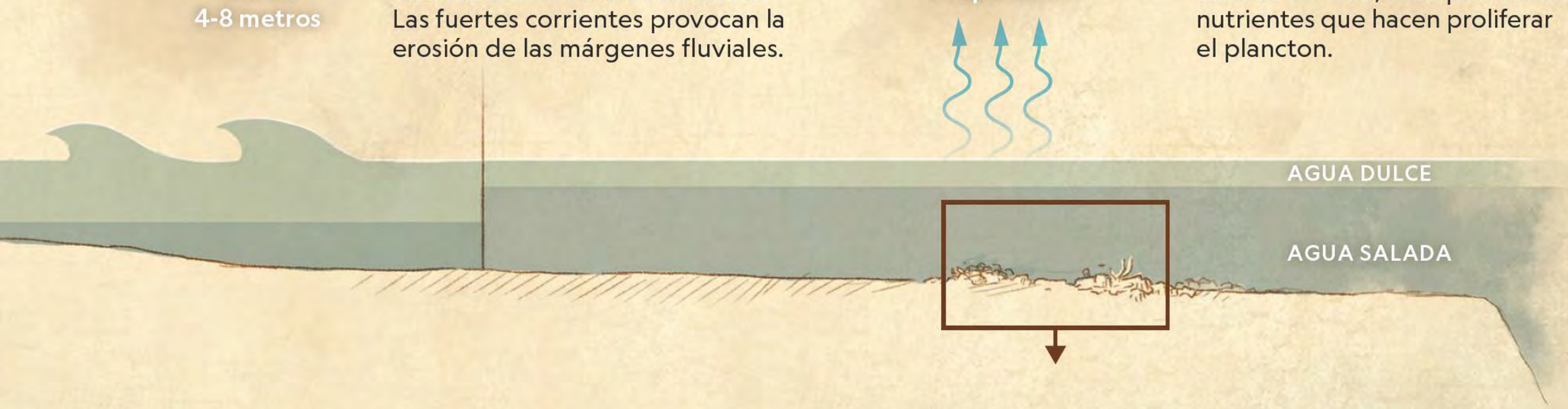


ESPECIE NOTABLE

Cangrejo rojo de manglar del Atlántico
Ucides cordatus
Añade nutrientes al suelo del manglar al arrastrar hojas a su madriguera.

Macromareas
Los ciclos mensuales de las mareas y las precipitaciones anuales generan mareas de seis metros de altura. Las fuertes corrientes provocan la erosión de las márgenes fluviales.

La pluma
El agua dulce del río fluye sobre las aguas más densas y saladas del mar, transportando nutrientes que hacen proliferar el plancton.



ARRECIFE EN PENUMBRA

En aguas más frías de entre 30 y 100 metros de profundidad, bajo la sombra de la turbia pluma, se extiende un arrecife de corales, esponjas y algas calcáreas.

Criadero de peces
Los peces de importancia comercial –especies de arrecife y oceánicas– medran en este hábitat protector.

«Nieve marina»
Los desechos biológicos, entre ellos los organismos muertos, caen desde la pluma de agua dulce, aportando así alimento a los animales del arrecife.

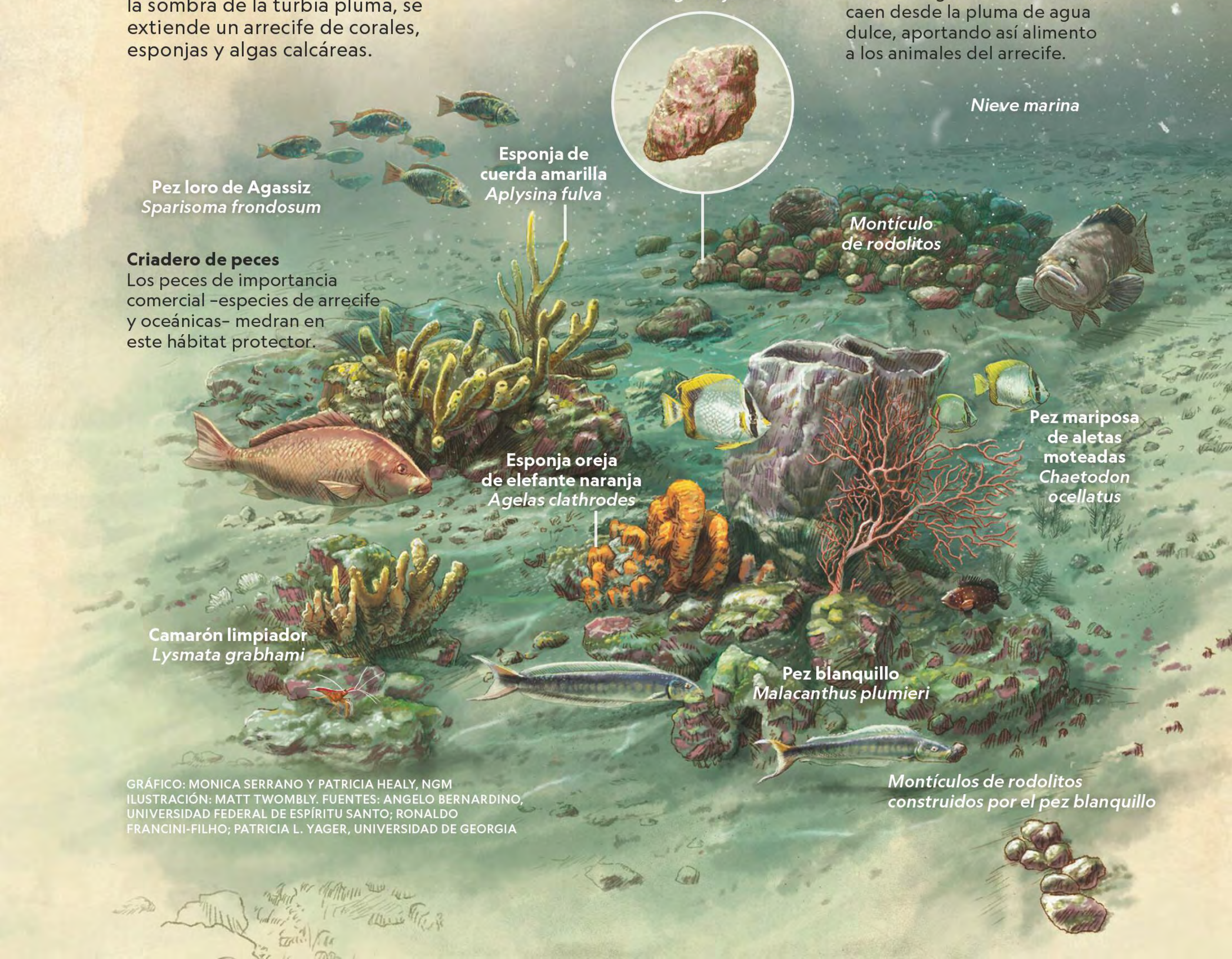


GRÁFICO: MONICA SERRANO Y PATRICIA HEALY, NGM
ILUSTRACIÓN: MATT TWOMBLY. FUENTES: ANGELO BERNARDINO, UNIVERSIDAD FEDERAL DE ESPÍRITU SANTO; RONALDO FRANCINI-FILHO; PATRICIA L. YAGER, UNIVERSIDAD DE GEORGIA



Una tortuga laúd sale a desovar en Grande Riviere, uno de los lugares de nidificación favoritos de la especie en Trinidad, a más de 1.600 kilómetros de la desembocadura del Amazonas. Los nutrientes arrastrados por el río y transportados por su poderosa pluma hasta el mar Caribe ayudan a crear un entorno ideal para las tortugas laúd.

LAS NUEVAS ESTRELLAS DE LA CIENCIA POLAR

TEXTO DE
LOIS PARSHLEY

FOTOGRAFÍAS DE
ESTHER HORVATH

Conforme la investigación climatológica es cada vez más crucial, un pequeño centro de investigación del Ártico en territorio noruego se ha convertido en una auténtica ciudad científica en la que cada vez hay más mujeres, tanto investigadoras que llevan a cabo algunos de los estudios más importantes del planeta como trabajadoras que hacen más acogedora la vida en este riguroso entorno.

BETTINA HAUPT

EXRESPONSABLE DE LA ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN ÁRTICA AWIPEV

Los científicos acopian datos de las regiones polares para comprender cómo está cambiando el mundo. El globo meteorológico que sostiene Haupt suele llevar una radiosonda, un instrumento que mide la temperatura, la humedad y la presión. Todos los días se suelta uno de ellos en el centro de investigación de Ny-Ålesund, en Svalbard, Noruega. Haupt afirma que este tipo de ciencia es crucial «si queremos sobrevivir como especie a largo plazo».

BODIL HAUGVIK

ENCARGADA
DE TIENDA,
KINGS BAY AS

Los productos que aparecen sin que nadie los espere alivian la vida en Ny-Ålesund. Haugvik trabaja en la tienda de la empresa pública noruega que suministra a los residentes artículos de aseo y determinados productos esenciales, desde calcetines térmicos hasta chocolate. En la foto sostiene un bombardino barítono, un instrumento que aprendió a tocar de niña y que ha retomado recientemente. Gracias a los instrumentos que Haugvik ha adquirido, los músicos aficionados de Ny-Ålesund pueden tocar juntos.



NY-ÅLESUND, UN PEQUEÑO centro de investigación internacional enclavado entre las montañas nevadas y los fiordos congelados de Svalbard –un archipiélago noruego del océano Ártico–, es uno de los asentamientos más septentrionales del planeta. Durante los meses de invierno se convierte en un lugar gélido e inhóspito donde nunca sale el sol y cuyos edificios bajos están permanentemente bañados en la oscuridad azul de una noche polar ininterrumpida.

Pese a la meteorología adversa, no hay duda de que las islas Svalbard están calentándose, y lo están haciendo a un ritmo alarmante –por encima de cuatro veces más rápido que el promedio mundial–, lo que ha provocado cambios preocupantes en su entorno.

Un ejemplo es la novedosa presencia de medusas casco, que se cree alcanzaron estas aguas árticas hace aproximadamente una década. Se alimentan del kril y de los peces menudos de los que depende la fauna marina autóctona, como el bacalao y el arenque. Otro ejemplo es el continuo calentamiento del permafrost, cuyo deshielo amenaza con liberar a la atmósfera un dióxido de carbono que hasta ahora permanecía atrapado. La temperatura media del aire ha aumentado en Svalbard unos cuatro grados centígrados desde principios de la década de 1970; en Ny-Ålesund se sitúa hoy apenas un par de grados por debajo del punto de congelación. El verano pasado, una ola de calor extremo se tradujo en una importante fusión de los casquetes de hielo del archipiélago.



Pero estos no son los únicos cambios que están teniendo lugar en la región. Decenas de científicos procedentes de más de 10 países siguen enriqueciendo nuestra comprensión del cambio climático ahora que es más necesaria que nunca. Y en muchos casos son mujeres.

Es toda una novedad para este puesto remoto, donde históricamente ha predominado la presencia masculina y no siempre ha reinado un ambiente acogedor. Nacido como asentamiento de mineros del carbón, Ny-Ålesund empezó a transformarse en centro de investigación en los años sesenta, a raíz de que un accidente mortal precipitase el fin de la actividad extractiva. La climatóloga Inger Hanssen-Bauer pasó allí el invierno de 1983-1984, trabajando para el Instituto Polar Noruego. Recuerda el aislamiento que sintió al ser la única mujer. «Poco a poco fui comprendiendo que entre los hombres existía una comunicación de la que yo era ajena. Y no había una red de conversación femenina paralela».

La transformación, dice Hanssen-Bauer, ha sido paulatina, en consonancia con el tan esperado aumento de la presencia femenina en la ciencia y en áreas que implican un trabajo de campo exigente. Julia Boike, investigadora de la Universidad Humboldt de Berlín y del Instituto Alfred Wegener de Potsdam, todavía estaba en minoría cuando en 1998 empezó a recopilar datos sobre el permafrost. El año pasado, sin embargo, por primera vez su equipo de tres especialistas era íntegramente femenino. El ambiente de trabajo es más agradable, y subraya la mejora en la alimentación y la higiene general. Pero al mismo tiempo su labor se ha vuelto más dura, como consecuencia del cambio climático que están documentando. «Han aumentado las precipitaciones –dice–, y la temporada de nieve dura menos». Al menguar el hielo marino, los osos polares de Svalbard pasan más tiempo en tierra,



SUSANA GARCÍA ESPADA

RESPONSABLE DE ESTACIÓN E INGENIERA, AUTORIDAD CARTOGRÁFICA NORUEGA

Observar los cambios de la Tierra implica mirar las estrellas. García Espada posa en la oficina del observatorio geodésico de la Autoridad Cartográfica Noruega, cuyos científicos rastrean los cambios de la forma, el campo gravitatorio y la rotación del planeta. Gracias a estas mediciones, monitorizan con mayor precisión la subida del nivel del mar y el deshielo.

MAPA: MATTHEW W. CHWASTYK, NGM
FUENTES: NASA; SERVICIO GEOLÓGICO DE NORUEGA



lo que dificulta el trabajo de campo. Boike no acude a su espacio de investigación cuando los depredadores están cerca.

En 2021 llegó la fotógrafa Esther Horvath, especializada en expediciones científicas a las regiones polares, para documentar la vida de estas investigadoras, con la esperanza de humanizar una labor cada vez más urgente. Empezó fotografiando a unas mujeres que le habría gustado conocer en la Hungría de su infancia, para ella unos referentes. «Siempre imaginé que me encantaría sentir este frío cortante en la cara –explica–. Pero yo era una chica. En aquellos temas solo trabajaban varones [...]. Ni en sueños me habría atrevido a imaginar que algún día lo viviría en primera persona».

En estas fotografías, Horvath pone en primer plano a las investigadoras y a las trabajadoras que hacen posible la vida en la comunidad. Cada una aparece retratada con algo que la representa. □



CHARLOTTE HAVERMANS

ZOÓLOGA MARINA,
UNIVERSIDAD DE BREMEN,
ALEMANIA

A medida que el Ártico se calienta, sus ecosistemas sufren importantes alteraciones. La ciencia empezó a documentar la presencia en Svalbard de medusas casco, una especie típica de aguas más templadas, hace más o menos una década. Havermans posa con una red para capturar medusas. Utiliza ADN ambiental para detectarlas en las aguas de Ny-Ålesund y elabora modelos de su expansión prevista por el Ártico.

INGRID KJERSTAD

COORDINADORA DE INVESTIGACIÓN, INSTITUTO POLAR NORUEGO

Kjerstad visita Gåsebu, una cabaña a unos cuatro kilómetros de Ny-Ålesund, con *Yukon*. Mitad malamute y mitad husky, es uno de los dos perros que tiene. La acompaña a menudo cuando sale de excursión, aunque «le interesan más los pájaros pequeños que los osos polares», señala su dueña. Quizá no sea el mejor perro guardián del mundo, dice, pero *Yukon* «sigue siendo el mejor compañero».



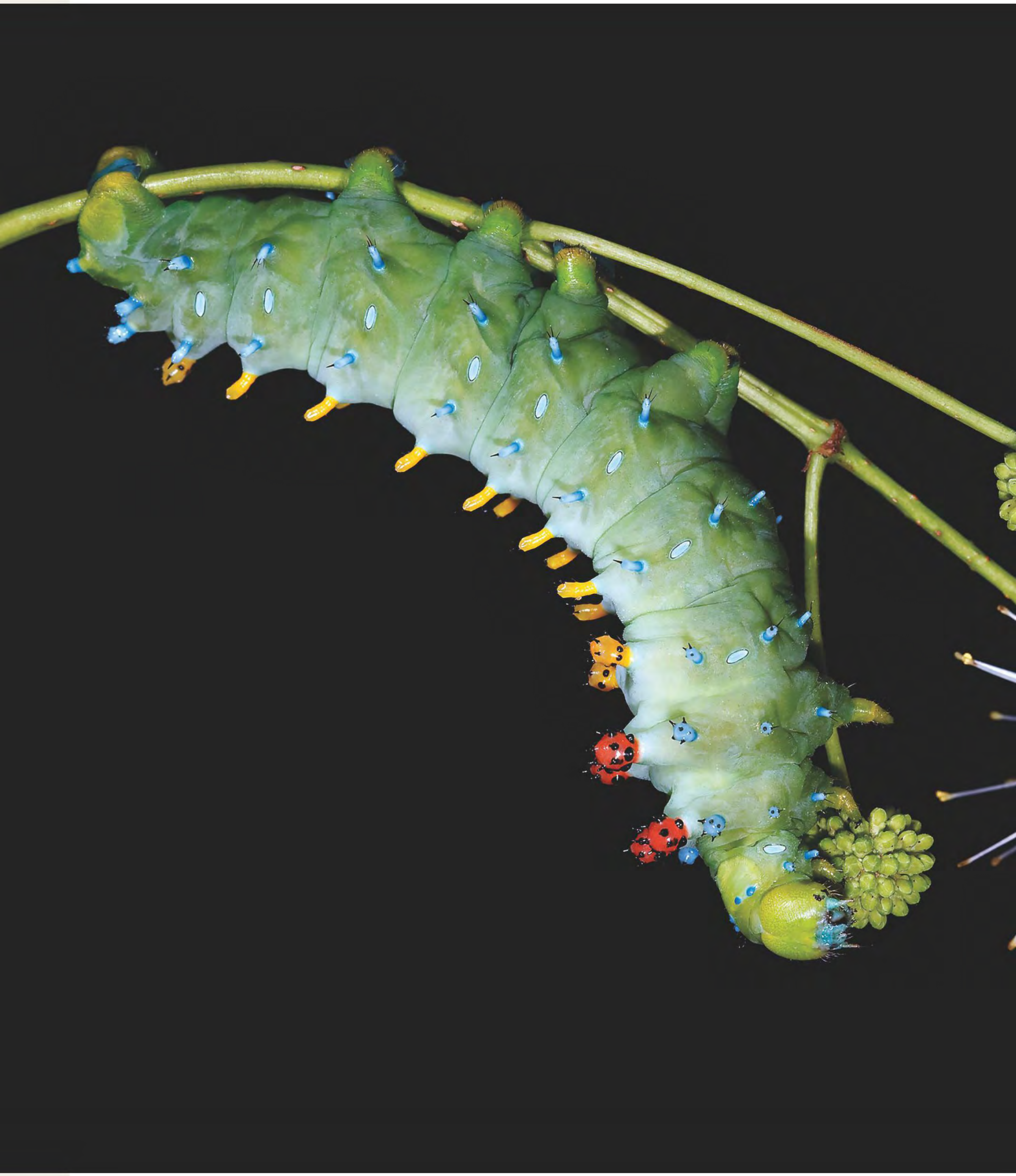
MARIE KOCH

DOCTORANDA EN BIOLOGÍA MARINA, INSTITUTO ALFRED WEGENER, ALEMANIA

Koch, que aquí aparece con una red de muestreo llena de erizos de mar verdes, investiga cómo afecta el calentamiento de las aguas a la fisiología y a la conducta alimentaria de este eslabón clave en la cadena trófica del Ártico. «La amenaza del cambio climático está siempre presente, lo que resalta la importancia de comprender todas y cada una de las minúsculas piezas de este sistema», afirma.



DIARIO DE UN FOTÓGRAFO



ENERO



LAS ARGUCIAS DE LAS ORUGAS

Un profesor amante de la naturaleza revela los asombrosos trucos que usan estos insectos para engañar a sus depredadores... y a nosotros.

Texto de
JASON BITTEL

Fotografías de
SAM JAFFE

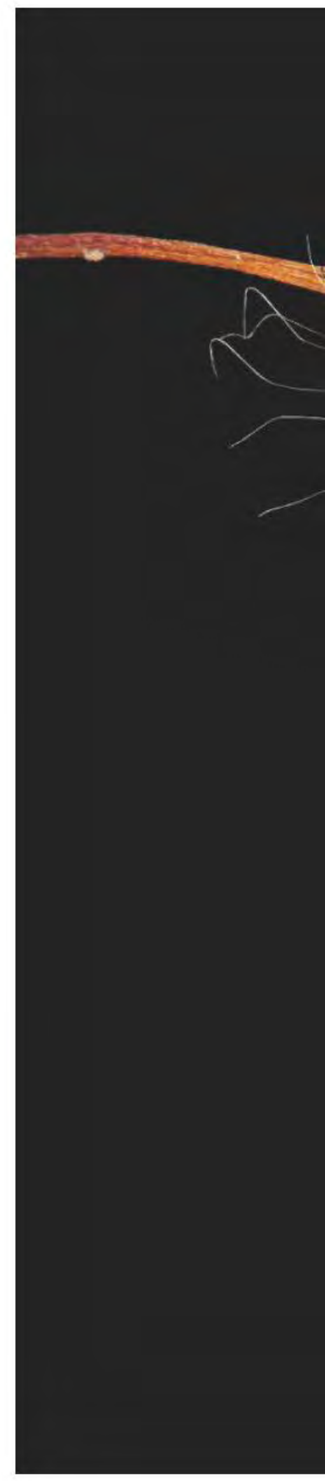
PARA LLEGAR A TRANSFORMARSE en mariposas, las orugas tienen que ser más listas que los que intentan merendárselas, vencerlos y sobrevivir. Las imágenes que Sam Jaffe toma de estas criaturas tubulares nos revelan cómo lo consiguen: por medio del mimetismo, las adaptaciones defensivas y las alianzas con las plantas. Este fotógrafo naturalista está enamorado de las orugas desde los cuatro años. «Me las llevaba a casa –recuerda–. Mis padres se las encontraban subiendo por las paredes». Mientras trabajaba en la Universidad Harvard, empezó a fotografiar orugas en su tiempo libre y a exponer su obra en galerías locales. Las exposiciones despertaron tanto interés que en 2013 creó una organización educativa sin ánimo de lucro, The Caterpillar Lab (El Laboratorio Oruga), para abrirnos los ojos a estas maestras de la metamorfosis y alentar a su protección. □

Las fotos de Sam Jaffe captan la belleza y astucia de sus protagonistas, como esta oruga de la mariposa cecropia. Pese a su aspecto feroz, esta criatura del tamaño de una salchicha es inofensiva.

DIARIO DE UN FOTÓGRAFO

















Arriba, de izquierda a derecha

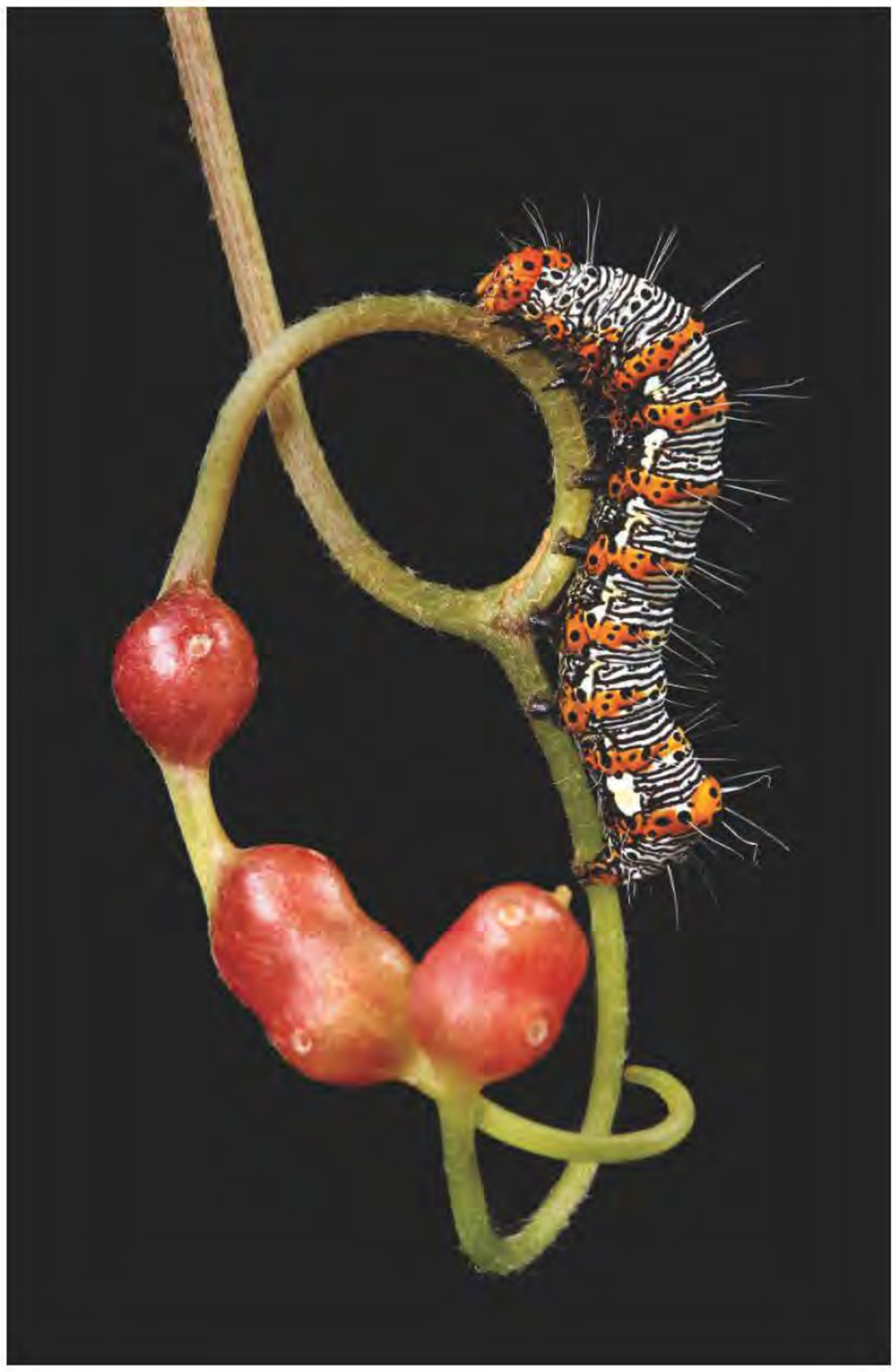
Tras comerse una hoja, las orugas de la esfinge del álamo cortan el tallo y lo dejan caer, quizá para esconderse de los depredadores.

La oruga de la noctuida de rayas blancas usa su cuerpo para rellenar el hueco de la hoja que acaba de devorar.

«Por lo general conviene no tocar las orugas peludas o espinosas», dice Jaffe. La de la mariposa daga horquillada puede causar una ligera irritación de la piel.

Las orugas de la mariposa eupitecia norteamericana tienen múltiples colores según su planta huésped. Las de la imagen, sobre una verbena azul, no se camuflan perfectamente, pero de lejos engañan.





Abajo, de izquierda a derecha

Aunque para algunos la oruga de la mariposa gamma norteamericana es una simple plaga de la lechuga y el tomate, Jaffe admira su «carácter, forma y color».

Las orugas de la esfinge del olmo son una copia fiel de las hojas de este árbol. Incluso su textura rasposa y estriada es una imitación exacta, dice Jaffe.

Las orugas de la geómetra de la zarzamora fingen ser ramitas u otras partes de la planta. Jaffe señala que, convertidas en adultas, son «unas criaturas verdes de inmensa belleza».

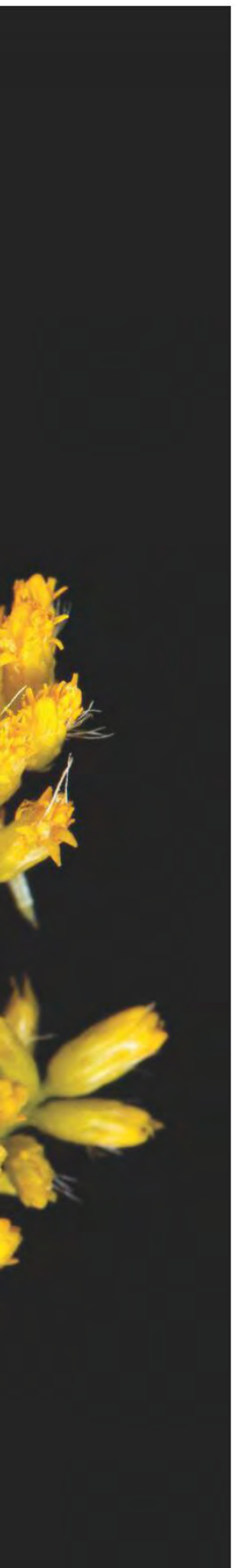
La oruga de la noctuida guardabosque que Jaffe vio en un zarcillo de vid silvestre vomita cuando se siente amenazada, una defensa común de estas larvas.

De izquierda a derecha

No todas las orugas se alimentan de hojas. Las de la noctuida de la vara de oro, por ejemplo, están «adaptadas a la perfección para esconderse dentro de las flores que comen», dice Jaffe.

La embaucadora por excelencia es la oruga de la esfinge de Abbott, asegura Jaffe. No solo parece una serpiente, sino que cuando se irrita emite un sonido de advertencia mientras levanta un falso ojo.







RITMO GLOBAL

| EVENTOS | MARCAS | PUBLICIDAD |



LA BELLEZA DEL MAR INSPIRA LOS NUEVOS COFRES DE THALGO

«¿Qué sería de la juventud sin el mar?», se preguntaba Lord Byron. La conjunción entre el océano y el paso del tiempo es el nexo de unión de la nueva propuesta de Thalgo para estas fiestas. La firma cosmética ha preparado un conjunto de cajas-tesoro de distintos formatos que podrán llenarse con productos de su elección. Un tesoro dedicado a la belleza e inspirado en el mundo marino.

THALGO.ES



BURLANEGRA, EL RON CON UN INESPERADO TOQUE SALINO

Cuando en un barco pirata se acababa el ron, la tripulación rellenaba las barricas con agua de mar para que hiciesen de lastre. Al volver a tierra a por suministros, vertían en ellas de nuevo el licor, que adquiría un característico sabor salado. Burlanegra recupera este ron con esencia salina en un nuevo destilado de doble añejamiento acabado en botas de vino de Jerez.

BURLANEGRA.COM



SIDRATURISMO EN CASTAÑÓN, UN VIAJE A LA TRADICIÓN

Desde 1938 y durante tres generaciones, el Llagar Castañón se ha dedicado a la producción de sidra en el concejo de Villaviciosa, en Asturias. Ahora, la marca organiza visitas guiadas para descubrir cada secreto del proceso de elaboración de este licor fermentado a la manera tradicional. Un recorrido que incluye todo el proceso de elaboración, desde la recolecta de manzanas hasta el embotellado.

SIDRACASTANON.COM



NUEVA EDICIÓN LIMITADA DE LONGINES CONQUEST

La firma relojera Longines, colaboradora oficial de la Federación Internacional de Esquí (FIS), participa en la organización del Campeonato del Mundo de esquí alpino, cuya celebración tendrá lugar el próximo mes de febrero en Austria. Para conmemorar este acontecimiento deportivo, la marca presenta una edición limitada de 2.025 ejemplares de su famoso cronógrafo Conquest.

LONGINES.COM

Ya disponible en tu librería más cercana



ANGELA MERKEL

LIBERTAD

RBA



LA CIENCIA DEL DESASTRE

SÁBADOS Y DOMINGOS A LAS 16 HORAS,
A PARTIR DEL 4 DE ENERO

El bloque de apartamentos de Surfside en Miami se derrumbó una madrugada de junio de 2021 mientras sus ocupantes dormían. El suceso se saldó con casi un centenar de víctimas mortales, lo que llevó a plantearse una pregunta ineludible: ¿podría haberse evitado? La serie de National Geographic *La ciencia del desastre* ofrece la oportunidad de indagar sobre las causas de esta y otras catástrofes gracias a una investigación detallada en la que se analiza cada caso a partir de pruebas disponibles y recreaciones virtuales en 3D.



ISLAS MISTERIOSAS

MARTES 21 DE ENERO
A LAS 22:50 HORAS

Algunos de los archipiélagos más desconocidos del planeta atesoran restos arqueológicos y naturales que quedan muy lejos de las rutas turísticas. Combinando imágenes generadas por ordenador con material de archivo y testimonios de expertos, National Geographic nos ofrece en esta serie un recorrido por algunos de estos destinos remotos tan poco frecuentados.

FOTOS: NATIONAL GEOGRAPHIC (TODAS)

EXPLORADORES DEL MUNDO SALVAJE

SÁBADOS A PARTIR DE LAS 18 HORAS

Este mes National Geographic Wild presenta una programación especial que rinde homenaje a aquellos biólogos, fotógrafos y narradores de la Sociedad que han dedicado sus vidas a documentar, explorar y proteger la naturaleza. Figuras que han dejado huella en el mundo de la ciencia y la exploración, como Jane Goodall, Sylvia Earle o Brian Skerry.



TESOROS DE CHINA

DOMINGOS A PARTIR DE LAS 18 HORAS

En el calendario tradicional chino, cada año se asocia con uno de los 12 animales del horóscopo. Por ello, con motivo del Año Nuevo chino, la festividad más relevante del gigante asiático, National Geographic Wild emite una programación especial dedicada a las maravillas de vida salvaje de un país donde la biodiversidad es parte integrante de la cultura. Un recorrido por las montañas Hengduan y la región de Yunnan permite apreciar algunos de los endemismos más notorios, como el panda gigante o el mono chato dorado.



PRÓXIMO NÚMERO | FEBRERO 2025

LOS OTROS HUMANOS

Los avances en el análisis de ADN y una serie de hallazgos sorprendentes podrían reescribir la historia evolutiva de nuestra especie, y ofrecer un nuevo retrato de los «otros humanos» con los que nuestros ancestros se toparon en su expansión.

LA RESURRECCIÓN DE NOTRE DAME

La catedral de París reabre sus puertas cinco años después del incendio que casi la destruyó. Un recorrido entre bastidores desvela los secretos de la reconstrucción llevada a cabo por un ejército de artesanos que han devuelto al templo su esplendor.

EN BUSCA DEL ENDURANCE

En 1915 el barco del explorador polar Ernest Shackleton desaparecía bajo el hielo antártico. En 2022 unos buscadores de pecios dieron con su paradero, resolviendo así uno de los mayores misterios de la historia de la exploración.

FOTO: JAMES BLAKE, FALKLANDS MARITIME HERITAGE TRUST, NATIONAL GEOGRAPHIC

NATIONAL GEOGRAPHIC

ISLAS MISTERIOSAS

ESTRENO

21 DE ENERO 22.50

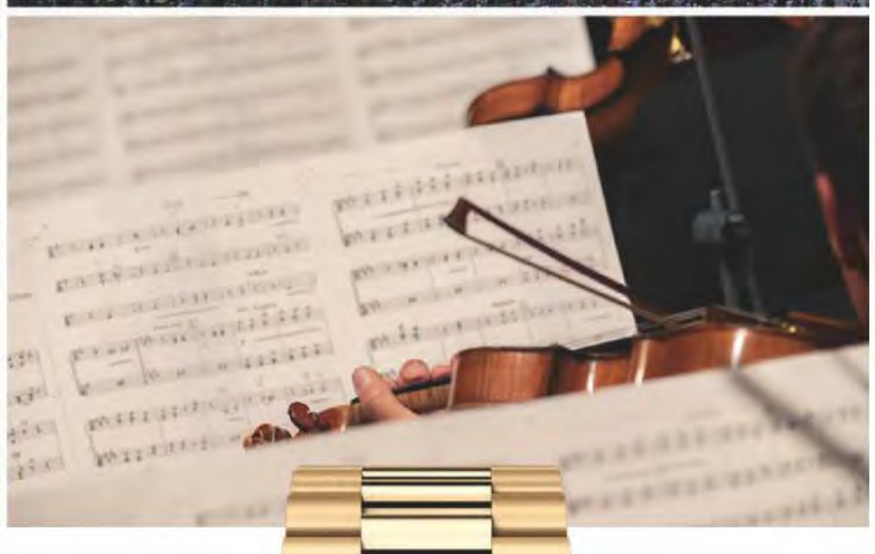


CONCIERTO DE AÑO NUEVO





CONCIERTO DE UNA NOCHE
DE VERANO EN SCHÖNBRUNN



LA CLAVE DE LA PERFECCIÓN

Se dice que es un sonido que todo el mundo reconoce. Pero eso solo es evidente cuando lo escuchamos, porque es totalmente indescriptible. No lo definen los instrumentos hechos a medida y nacidos de una tradición artesana que trasciende el tiempo, ya sean trompas, triángulos, timbales de piel u oboes antiguos. Tampoco los músicos y su habilidad para llenar la partitura de vida y fusionarse los unos con los otros. Ni tampoco la energía y destreza que derrochan al tocar *Dynamiden* de Josef Strauss acelerando un tiempo y ralentizando el siguiente. Con ese extraordinario sonido, que se ha desarrollado a lo largo del tiempo con herramientas únicas y multitud de talentos, la Filarmónica de Viena nos invita a sumergirnos en el ritmo, unirnos a la armonía... **y disfrutar de la perfección.**

#Perpetual



OYSTER PERPETUAL DAY-DATE 36

WIENER PHILHARMONIKER
1842

RELOJ EXCLUSIVO
DE LA FILARMÓNICA DE VIENA

ROLEX